Serie ¿Y el medio ambiente?

BIODIVERSIDAD

Conocer para conservar





GOBIERNO FEDERAL

SEMARNAT

www.gobiernofederal.gob.mx www.semarnat.gob.mx



BIODIVERSIDAD

Conocer para conservar



Biodiversidad Conocer para conservar Serie ¿Y el medio ambiente?

DR © 2011, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Dirección General de Estadística e Información Ambiental Dirección de Análisis e Indicadores Ambientales Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209
Jardines en la Montaña, CP 14210
Tlalpan, México D. F.
Teléfono 56 28 08 54, Fax 56 28 08 53
http://www.semarnat.gob.mx

Primera edición 2011

Impreso en México

ISBN 978-607-7908-34-0



GOBIERNO FEDERAL

SEMARNAT



El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Proyecto PNUD-SEMARNAT "Construcción de ciudadanía y espacios de participación para el desarrollo sustentable, 2008-2013" apoyó parcialmente la elaboración de esta obra, con objeto de mejorar la cantidad, calidad y accesibilidad de la información ambiental.



Esta publicación es parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Su contenido y edición estuvieron a cargo de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Autores: Arturo Flores Martínez, César E. Rodríguez Ortega, Verónica E. Solares Rojas, Teresa González Ruiz y Mayra Adriana García Cerecedo. Colaboradores: Yonatan Aguilar Cruz, Miguel Chipole Ibáñez y Sergio Barrios Monterde. DISEÑO GRÁFICO: Ariadna Jaimes Chacón y Esperanza Martínez Vargas. Fotografías: cuando no se indica su autor o fuente, proceden de sitios en Internet con acceso libre.

ÍNDICE

Presentación	xi	
¿Qué es la biodiversidad?	1	
¿Cómo se define y estudia la biodiversidad?	2	
¿Cuántas especies existen?	8	
¿Dónde se encuentran todas estas especies?	12	
Los países megadiversos	17	
México, país con una biodiversidad excepcional	19	
La diversidad genética en México	19	
¿Cuántas especies hay en México?	23	
Las especies endémicas	24	
Nuestra riqueza de ecosistemas	26	
¿Por qué es importante la biodiversidad?	29	
¿Qué amenaza a la biodiversidad?	39	
Nuestra huella en el mundo	40	
Pérdida y fragmentación de hábitats	42	
Sobreexplotación de especies	51	
Pesca	51	
Caza	54	
Tráfico ilegal de la biodiversidad	59	
Especies invasoras	60	
Contaminación	68	
Contaminación del agua	68	
Contaminación del suelo	72	
Contaminación atmosférica	73 74	
Contaminación por luz y sonido	74 76	
Cambio climático	80	
Organismos genéticamente modificados	80	
¿Cuál es la situación de la biodiversidad?	87	
Ecosistemas	88	
Ecosistemas terrestres	88	
Ecosistemas acuáticos	93	
¿Cómo vamos con las especies?	102	

¿Cómo conservamos la biodiversidad?	117
Un poco de historia	118
¿Qué proteger?	119
¿Cómo conservar especies?	123
Conservando las poblaciones de las especies en la	
naturaleza	124
Conservando especies fuera de su hábitat natural	131
Colecciones de plantas y semillas	133
Los zoológicos, acuarios y criaderos	135
¿Cómo conservamos los ecosistemas?	137
Las áreas naturales protegidas	137
Pago por servicios ambientales	142
Recuperación de los ecosistemas	144
Las leyes y los acuerdos también ayudan a la conservación	145
de las especies y ecosistemas	150
¿Cómo manejar sustentablemente la biodiversidad?	130
Reconciliando las actividades agropecuarias con el ambiente	153
Los bosques como aliados para el desarrollo	133
sustentable	155
Aprovechando sustentablemente la vida silvestre	155
Viajando sustentablemente	157
Viajanao sastentablemente	137
¿Qué puedo hacer? Conociendo la biodiversidad: los más extremos	161
Conociendo la biodiversidad: los más extremos	163
¿Qué ver y a dónde ir?	165
La biódiversidad en su ambiente natural	165
Para visitar en México	166
La biodiversidad fuera de su ambiente natural	168
Los jardines botánicos, zoológicos y acuarios	168
Los museos	169
La biodiversidad del pasado	170
Para observar la biodiversidad	172
Kit para un naturalista	172
Descubriendo pistas	174
¿Qué hacer para conservar la biodiversidad en el lugar	17/
donde vives?	176
Biodiversidad en las ciudades	178
Biodiversidad en los campos de cultivo	180
¿Cómo estar alerta cuando compres plantas y animales?	181
Conoce a los incomprendidos	182 184
¿Cómo conservar la biodiversidad en su ambiente natural?	104
Acciones alle nodria nensarse alle no son litiles a la	
Acciones que podría pensarse que no son útiles a la	
Acciones que podria pensarse que no son utiles a la biodiversidad	186

NDICE DE RECUADROS

Centros de origen	5
¡Se buscan!	13
¿Qué hace a México un país megadiverso?	20
De México para el mundo: el maíz	22
Importancia de los manglares	35
Monocultivos: agroecosistemas pobres en biodiversidad	46
Sobrepesca del tiburón martillo	53
Especies que no volverán	55
Defaunación: una amenaza silenciosa	58
Tráfico ilegal de la flora y fauna mexicanas: cactáceas, orquídeas y pericos	61
Las islas de basura de los océanos	69
Mar Aral: crónica de un desastre	95
Las tortugas marinas de El Caribe: un futuro incierto	100
Las grandes extinciones y sus causas	104
La foca monje de El Caribe: una extinción muy "humana"	107
Las orcas que acabaron con las algas	112
Descubridores de la naturaleza	120
¿Qué es y para qué sirve la biología de la conservación?	122
Algunos aspectos básicos para conservar la biodiversidad	125
Conservando nuestras especies: el Procer	130
De la regeneración natural a la restauración de los ecosistemas	146

Al rescate de la biodiversidad global: el Convenio sobre la Diversidad Biológica	149
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	151
El Informe Brundtland y el desarrollo sustentable	152
Producción ambientalmente amigable: los productos orgánicos	154
El manejo sustentable de los bosques en México	156
Las Uma y el manejo sustentable de la vida silvestre en México	158

PRESENTACIÓN

En todo el mundo, la biodiversidad se encuentra amenazada por distintas actividades humanas que han causado la pérdida de hábitats, la fragmentación de los ecosistemas, la introducción de especies exóticas invasoras, la sobreexplotación de recursos, la contaminación del aire, tierras, ríos y mares, por mencionar algunas de las más conocidas, sin dejar de señalar los ya visibles efectos del cambio climático.

Dado el ritmo de pérdida de diversos elementos de la biodiversidad, resulta de gran importancia lograr que todos los sectores de la sociedad consideren el valor y la importancia de nuestro patrimonio natural y que se reconozca en todos los ámbitos la provisión de servicios ambientales que brindan los ecosistemas.

México cuenta hoy con sistemas de información y portales Web que albergan datos y conocimientos confiables, con sustento científico y técnico, cada vez más completos, que permiten ponerlos a disposición de diversos usuarios con el fin de difundir el conocimiento sobre nuestra riqueza biológica y tomar las mejores decisiones en materia de conservación y uso sustentable. Dos buenos ejemplos, desarrollados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), son el Portal de Biodiversidad Mexicana (www.biodiversidad.gob.mx) y el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB), los cuales están en actualización permanente y constituyen ejemplos mundiales de la forma en la que los países pueden y deben manejar esta información.

Biodiversidad. Conocer para conservar es una obra más que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales pone a disposición del público en general para dar a conocer el patrimonio natural de todas y todos los mexicanos. A través del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), cumple nuevamente con el compromiso de difundir información actualizada, confiable, accesible y oportuna para contribuir a construir una sociedad más informada y responsable con el cuidado del ambiente.

Este libro es el tercer número de la Serie ¿Y el medio ambiente?, un proyecto que comenzó en el año 2006 con la publicación de ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo y continuó con Cambio Climático. Ciencia, evidencia y acciones. Al igual que estos últimos, tiene por objeto ofrecer información actualizada, confiable y oportuna a un público que no es especialista pero está interesado en temas ambientales, en este caso, la biodiversidad.

La Serie ¿Y el medio ambiente? nació del reconocimiento de que si bien la solución de los problemas ambientales requiere de la actuación decidida de los gobiernos, sólo podrá conseguirse con la participación informada y comprometida de la sociedad, cuyas actitudes y acciones contribuyen no sólo a disminuir las presiones que afectan al medio ambiente, sino son también parte esencial de las soluciones dirigidas a conservarlo y revertir su deterioro.

Esta nueva obra se enfoca en esa riqueza natural que hace a nuestro planeta único: la biodiversidad. A través de sus páginas, el lector no sólo descubrirá los conceptos básicos sobre este estimulante y maravilloso tema, sino también conocerá cuáles son las principales actividades humanas que amenazan su futuro, cuál el estado que guarda en México y el mundo, y los esfuerzos emprendidos para preservar y recuperar especies y ecosistemas. En la última sección, al igual que en las dos publicaciones previas, se ha incluido un apartado que pretende guiar al lector a conocer y emprender acciones prácticas para ayudar a proteger y conservar la biodiversidad de su localidad y, al final de cuentas, de nuestro país entero.

Sin duda, la información contenida en esta obra contribuirá a tomar conciencia del valor e importancia de la biodiversidad, pero sobre todo, de la necesidad de actuar pronto y de manera eficaz para que las generaciones presentes y futuras tengamos la oportunidad de seguir disfrutando y aprovechando sustentablemente de este capital natural.

La biodiversidad de México es parte significativa de la diversidad biológica del mundo, por lo que con éstas y otras acciones nos sumamos a los esfuerzos de la comunidad internacional para contribuir de manera efectiva a reducir significativamente la tasa de pérdida de la biodiversidad y proteger nuestro futuro común.

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

¿Qué es la biodiversidad?

diferencia de los planetas vecinos del Sistema Solar, la Tierra es el único conocido en el que se han dado las condiciones para que se desarrolle la vida como la conocemos. Cualquiera que sea el modo en el que la definamos, la vida es, en todas sus manifestaciones de forma y color, actuales y pasadas, el resultado de más de 3 500 millones de años de evolución. Este largo y complejo proceso ha generado la enorme diversidad biológica que conocemos y de la que también formamos parte los seres humanos.

Quizá cuando piensas en la biodiversidad vengan a ti imágenes de aves revoloteando, monos en el dosel de la selva o insectos inundando con sus sonidos el ambiente, pero también lo es la exuberante selva, los secos desiertos y los fríos bosques. Incluso, las variedades de maíz, chile o papa que ves en el mercado son manifestaciones de la biodiversidad.

Las maravillas de la biodiversidad están afuera, en casi cada rincón de nuestro mundo y nos invitan a descubrirlas y a sorprendernos de ellas. La diversidad biológica, sin embargo, enfrenta un momento crucial en su historia. Al igual que los eventos naturales amenazaron su porvenir en el pasado, los seres humanos la hemos conducido a lo que podría ser otro punto de quiebre en su historia. El desarrollo y avance tecnológico de la humanidad han ido desafortunadamente de la mano del deterioro y la pérdida de la biodiversidad. Ahora, más que nunca, es nuestra responsabilidad poner empeño en proteger y recuperar ese valioso capital natural. Para ello, conocer más sobre la diversidad biológica es un buen punto de inicio, ¿no crees?

En este libro te queremos compartir aspectos muy interesantes acerca de la biodiversidad: qué es, cuál es su importancia y cómo se estudia, cuántas especies y ecosistemas se conocen y cómo se distribuyen en México y el mundo. También

descubrirás cuáles son las amenazas que la ponen en riesgo, en qué situación se encuentra y qué se está haciendo para detener su pérdida y revertir su deterioro. Por último, te presentamos una sección con recomendaciones para que observes y conozcas la biodiversidad y con ello puedas actuar para protegerla. Esperamos que disfrutes este viaje, conozcas el valor de la biodiversidad y te convenzas de lo valioso que resultará sumar tu esfuerzo para conseguir la permanencia, por miles de años más, de este maravilloso tesoro que alberga nuestro planeta.

¿Cómo se define y estudia la biodiversidad?

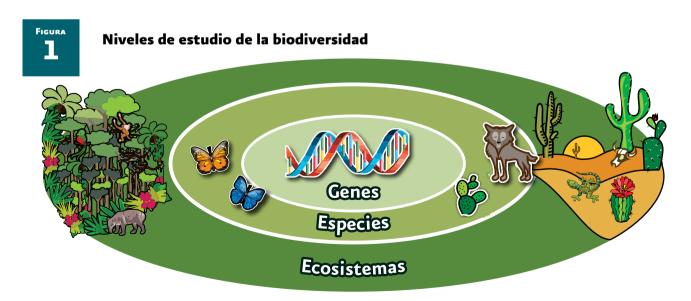
El término biodiversidad es relativamente reciente y fue sugerido por primera vez en 1985 por el científico Walter G. Rosen como una contracción del concepto diversidad biológica. En su sentido más amplio, biodiversidad se refiere a la gran variedad de organismos y ecosistemas que existen sobre la Tierra. Representa el capital natural de una región y es tan importante como los otros capitales que generalmente reconocemos: el económico y el humano. De esta manera, así como los países miden su riqueza en términos económicos, también lo pueden hacer en términos de su biodiversidad.

La biodiversidad no sólo se refleja en la variedad de especies, sino también en las diferencias que existen entre los individuos de una especie o en la gama de ecosistemas existentes. Por ejemplo, si observamos con detalle dos gorriones, si bien son de la misma especie, rápidamente descubriremos que no son exactamente iguales, aunque se vean muy parecidos son las pequeñas diferencias en la forma, color o tamaño lo que nos permiten distinguirlos, lo mismo ocurre con dos hongos o dos pinos. Estas diferencias también se notan a nivel de ecosistemas: dos bosques templados, aunque en apariencia sean similares, poseen características diferentes en México y Canadá (como las especies que los integran, por ejemplo), al igual que los pastizales de Chihuahua y los de las estepas rusas.

Para entender mejor la biodiversidad, los expertos han dividido su estudio en tres niveles: i) diversidad genética, ii) de especies y iii) de ecosistemas (Figura 1). La variación genética (primer nivel de estudio) está contenida dentro de las especies (segundo nivel) y éstas a su vez forman parte de los ecosistemas (tercer nivel). Vamos a ver con más detalle en qué consiste cada uno de ellos.

¿Te has preguntado por qué cada individuo a pesar de que se parezca a otro, no es exactamente igual sino que posee características que lo hacen único? Los animales, las plantas, así como cada uno de nosotros, somos diferentes. Esto es una expresión de lo que se llama diversidad genética y la puedes apreciar en los diversos colores y formas de los insectos, en los colores de la piel y los ojos humanos, así como en las tonalidades del pelo de los animales e, incluso, en los sutiles cambios en los cantos de los canarios y otras aves.

La diversidad genética es resultado de la variación en el contenido de la información que cada organismo tiene en el ADN1 de sus células. El ADN es como una base de datos en donde se almacena la información que determina todas las características de un organismo -como el color del pelaje y de los ojos-; todo ello en la forma de pequeños paquetes conocidos como genes. Las diferencias en el contenido y la cantidad de paquetes, así como la forma en que éstos se expresan en una condición ambiental particular es lo que, a fin de cuentas, distingue a cada una de las especies. Los individuos heredan estos genes de sus padres, que a su vez los heredaron de sus abuelos, de tal manera que la diversidad genética es el resultado de la acumulación de mezclas de genes ocurridas a través del paso de muchas generaciones.



¹ El ADN es la abreviatura del ácido desoxirribonucleico. Es una molécula muy larga compuesta de unidades llamadas nucleótidos que forman a su vez a los genes. Constituye, junto con el ácido ribonucleico (ARN), el principal almacén del material genético de los organismos.

A lo largo de la historia, los humanos hemos aprovechado la diversidad genética existente de manera natural en las especies para la generación de variedades de animales o plantas con características particulares que nos resultan de utilidad. Por ejemplo, la gran variedad de tipos de maíz, frijol, chile, calabaza, jitomate o papa, son resultado de la selección y cruza que los agricultores han realizado durante muchísimos ciclos de siembra buscando mejorar, por ejemplo, su sabor, color, resistencia a condiciones extremas o plagas, e incluso, sus propiedades nutricionales (Figura 2). Esta práctica, conocida como domesticación de especies, llevó a que algunas regiones del mundo (incluido México) se convirtieran en centros de origen de especies domesticadas de plantas o animales. Para saber más sobre ellos te recomendamos leer el Recuadro Centros de origen.

El segundo nivel de estudio se refiere a la concepción más común de la biodiversidad, es decir a la variedad de especies² que viven en un lugar o región determinada. En una selva, por ejemplo, la diversidad de especies la integran los cientos de especies de árboles, arbustos, lianas, hongos, helechos, felinos, roedores, aves y microorganismos, entre muchas otras que ahí habitan.

Una de las maneras en las que la comunidad científica ha definido a la especie es como el grupo de organismos que pueden reproducirse ente sí (generando descendencia fértil) y no con otras especies.

² A lo largo del libro haremos referencia a especies, géneros y familias, los cuales son niveles en los que se clasifica a los seres vivos. Cada uno de los niveles se encuentra dentro de otro. Por ejemplo, las especies *Panthera leo* (león), *Panthera tigris* (tigre), *Panthera onca* (jaguar) y *Panthera pardus* (leopardo) conforman el género *Panthera* y éste se agrupa con otros 13 géneros en la familia Felidae.



Algunas variedades de papa, chile y frijol



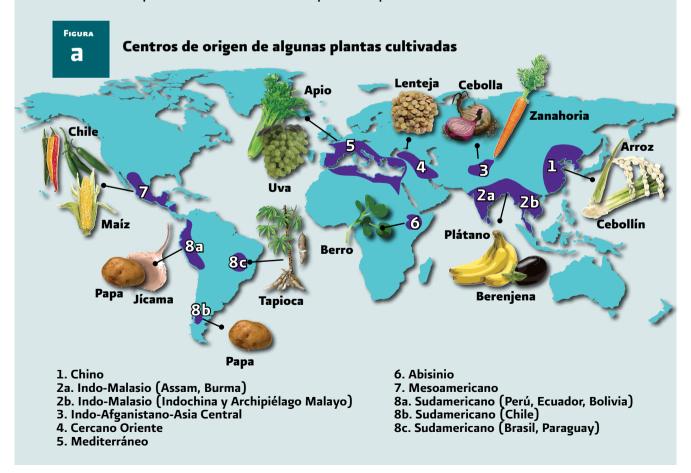




Centros de origen

En México y el mundo los agricultores han seleccionado y reproducido, a través de incontables generaciones, aquellas especies y variedades que poseen características útiles (plantas con mejores sabores y frutos grandes y dulces, por ejemplo). Como resultado se han conseguido, entre otros, los cultivos básicos como el trigo, arroz, maíz y papa. En el caso de los animales, se han seleccionado a los de mejor carne o leche, así como a los más resistentes al trabajo, por citar algunos casos, para llegar a las razas de ganado que se conocen hoy en día.

El resultado de estas prácticas llevó a que algunas regiones del mundo se convirtieran en los llamados centros de origen o de domesticación de especies y variedades. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), un centro de origen se puede definir como la región "... donde ocurrió el origen o la diferenciación de una especie o población particular". A nivel mundial se reconocen ocho centros de origen de las plantas cultivadas, los cuales fueron propuestos en 1935 por el agrónomo y genetista ruso Nikolai I. Vavilov (Figura a). En contraste, un lugar se considera centro de domesticación cuando en él ocurre el proceso por el cual ciertos grupos de plantas o animales se vuelven totalmente dependientes del ser humano para su reproducción, como es el caso del maíz.



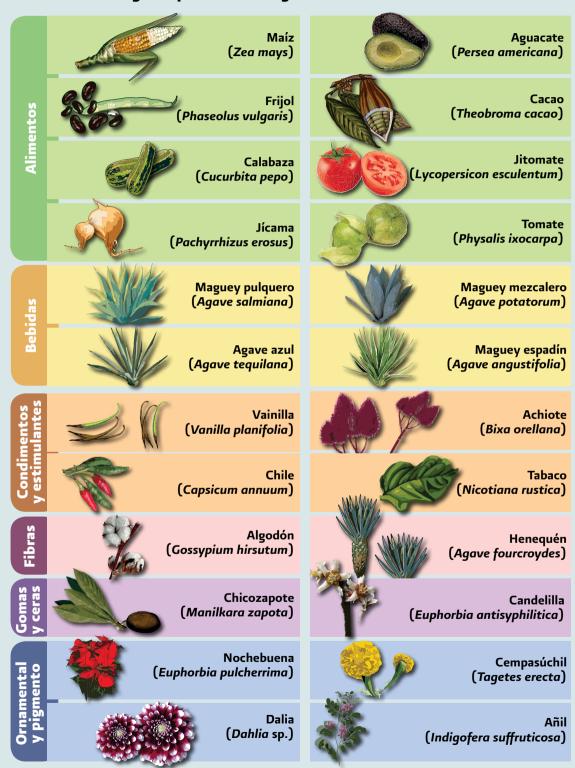
Centros de origen

También para el ganado se han hecho estudios para identificar los centros de domesticación. Casi todas las especies de ganado importantes en el mundo han sido resultado de diversos episodios de domesticación en regiones geográficas distintas. En la Figura b te mostramos las doce zonas de domesticación de ganado reconocidas y algunos ejemplos de especies ahí domesticadas.



En el contexto internacional, México es conocido como el centro de domesticación de tan sólo una especie de animal: el guajolote. Sin embargo, es uno de los principales centros de origen y domesticación de plantas cultivadas en el mundo. Entre ellas sobresalen especies comestibles como el maíz, chile, calabaza, algodón y frijol. Se estima que por lo menos 118 especies de plantas de importancia económica mundial fueron domesticadas en México y más de 15% de las especies que se consumen como alimento en el mundo tienen su origen en nuestro país. En la siguiente Tabla te presentamos algunos ejemplos de plantas, tanto comestibles como ornamentales, cuyo centro de origen o domesticación es México y de las cuales se obtienen también fibras, colorantes y compuestos químicos medicinales.

Algunas plantas con origen o domesticadas en México



El científico sueco Carl von Linneo (1707-1778) ideó un sistema de clasificación de las especies y propuso darles nombres únicos. Dicho nombre incluye dos términos: el género y el nombre específico. Ambos términos deben ser escritos en cursiva o subrayados. Cada especie descrita tiene entonces un nombre científico, universal y único, basado en esta nomenclatura y puede tener uno o más nombres comunes dependiendo de la región que se trate. Así, el nombre científico de nuestro muy conocido maíz es *Zea mays*, pero tiene varios nombres comunes a lo largo del mundo pues se le llama choclo en varios países de Sudamérica, corn en Estados Unidos y milho en Brasil.

Para explicarte el último nivel de la biodiversidad, hagamos un viaje imaginario a lo largo de distintas regiones del país. Comencemos en Baja California; es posible que hayas visto en fotos o estado frente a ese fantástico paisaje en el que se disfrutan al mismo tiempo el mar y el desierto. Ahora crucemos el Golfo de California y bajemos hacia la costa de Nayarit a disfrutar de un paseo por la zona de manglares y lagunas. Si seguimos hacia el sur llegaremos a Oaxaca, en cuyas costas podrás apreciar las extensas selvas bajas y en sus serranías grandes extensiones de bosques templados y algunas zonas de bosques de niebla. Este breve viaje nos ejemplifica el tercer nivel de estudio de la diversidad biológica, el de los ecosistemas. La diversidad de ecosistemas comprende tanto la variedad de hábitats de un área determinada (es decir, el espacio físico con características específicas de clima, suelos y topografía, entre otros aspectos) como las comunidades biológicas que los habitan (esto es, el conjunto de poblaciones de plantas, animales y microorganismos y sus interacciones entre sí y con su hábitat).

Los ecosistemas se han definido como "...el conjunto de organismos de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que habitan un área y que interactúan entre sí y con su ambiente abiótico."

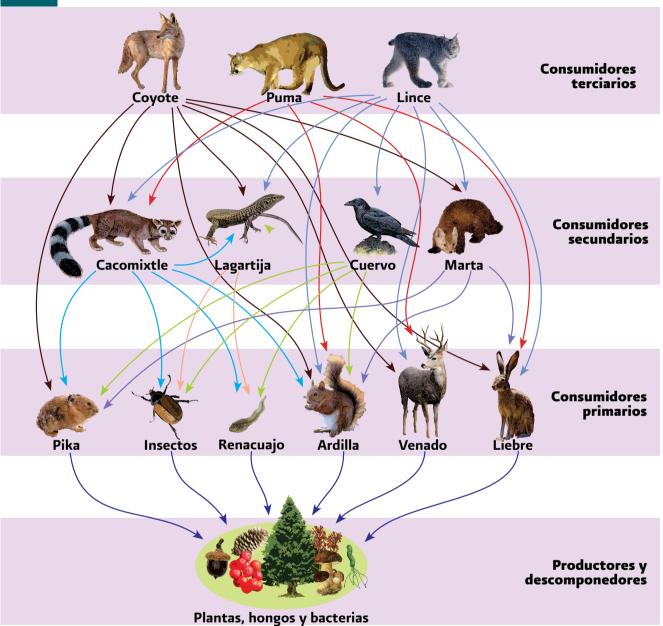
Cada una de las especies dentro de los ecosistemas tiene una función en términos de su papel en las redes alimenticias; algunas son productoras de alimento (como el fitoplancton o las plantas), otras son conocidas como consumidores que pueden ser primarios si se alimentan directamente de productores como las plantas (ejemplos de ello son los herbívoros como conejos, vacas, orugas, etc.) o secundarios y terciarios, si se alimentan de individuos no productores (como los depredadores por excelencia: jaguares, águilas y tiburones). Existen también las especies descomponedoras (como los hongos y bacterias) que transforman, en el suelo, la materia orgánica de los tejidos muertos de plantas y animales en nutrimentos que ponen a disposición de otras especies. Además, las especies también interactúan con su ambiente abiótico, es decir, reaccionan (y algunas veces también modifican) a las condiciones de humedad, temperatura y luz, entre otras. En la Figura 3 te mostramos un ejemplo sencillo de las interacciones que existen entre algunas especies dentro de un ecosistema boscoso; puedes imaginar que si eliminamos o alteramos un elemento del ecosistema, pueden producirse efectos importantes en otras especies. En otras secciones del libro encontrarás ejemplos reales de lo que ha ocurrido cuando se afecta una especie dentro de un ecosistema.

¿CUÁNTAS ESPECIES EXISTEN?

¿Te has preguntado alguna vez cuántas especies habitan la Tierra? Hasta la fecha, la comunidad científica ha descrito aproximadamente 1.68 millones de especies y cada año se agregan a esta lista alrededor de 18 000 más, de las cuales la mayoría son plantas e insectos (el grupo al que pertenecen los escarabajos, hormigas, abejas y libélulas, entre otros). Del total de



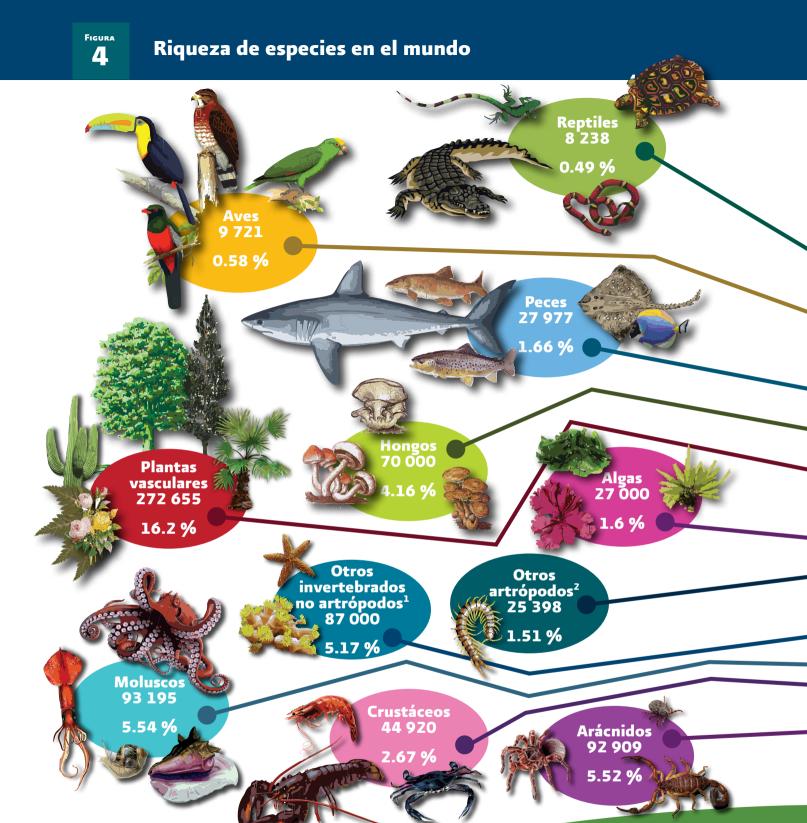
Las especies establecen diversas interacciones dentro de los ecosistemas



especies conocidas, aproximadamente la mitad corresponde a insectos, alrededor de 16% a plantas, poco más de 5% a arácnidos³ y 4% a hongos. Como puedes notar en la Figura 4, los grupos de animales más evidentes y con los que estamos más familiarizados representan un porcentaje bajo de las especies descritas en el mundo.

Sin embargo, debemos decirte que las especies descritas no son todas las que habitan el planeta, ya que aún faltan muchas por descubrir. Algunos expertos calculan que este número podría oscilar entre 5 y 30 millones. Si estas cifras te parecen elevadas, te diremos que otras estimaciones ofrecen números mayores, debido a que hay ecosistemas que no han sido explorados suficientemente (como las selvas sudamericanas

³ Los arácnidos incluyen a las arañas, alacranes y ácaros.

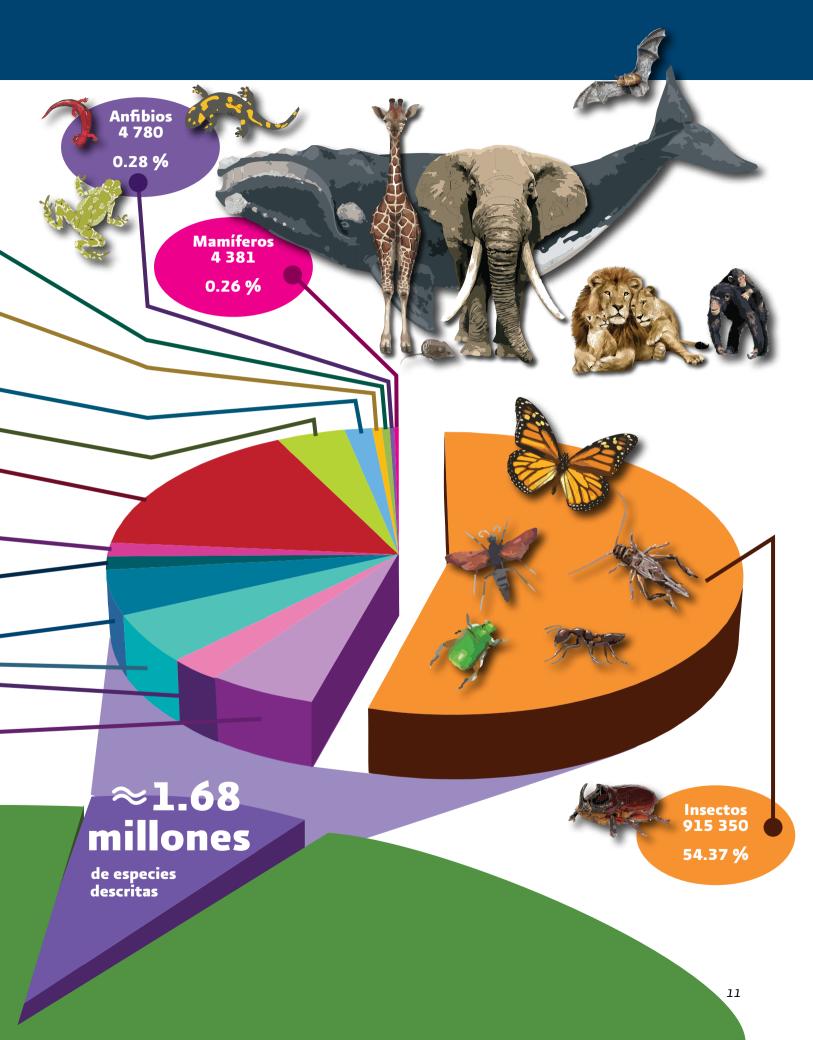


Notas: ¹Incluye corales, esponjas, erizos, estrellas y pepinos de mar, así como gusanos planos, redondos y anillados, entre otros.

²Incluye milpiés y ciempiés, entre otros.

≈28 millones de especies por descubrir

94%



o las del este de Asia) o habían permanecido prácticamente inaccesibles para el ser humano y apenas comienzan a explorarse (como las profundidades oceánicas).

Otra razón que hace pensar a la comunidad científica que el total estimado de especies podría ser muy alto, es que los taxónomos (que son los expertos que se dedican a describir y clasificar a las especies) se han concentrado durante mucho tiempo en estudiar a ciertos grupos biológicos y han prestado poca atención a otros. Por ejemplo, cerca de una tercera parte de ellos estudia a los vertebrados (es decir, a las aves, mamíferos, peces, anfibios y reptiles), otra tercera parte a las plantas y la proporción restante se dedica a los muy numerosos invertebrados (como insectos, caracoles y arañas), hongos, algas y bacterias. Como verás, la colecta y el estudio se han dirigido principalmente a los grupos cuyos organismos son más evidentes, mientras que aquellos difíciles de observar a simple vista (como muchas especies de hongos, bacterias y otros organismos microscópicos), han sido menos colectados y clasificados.

Si consideramos que el total de especies en el planeta fuese de tan sólo 5 millones, entonces podemos decir que la ciencia actualmente conoce y ha descrito formalmente cerca de 34% de la diversidad mundial, pero si el número real ronda los 30 millones, entonces apenas se conoce el 5.6%. De cualquier manera, lo que es un hecho es que la diversidad de especies es enorme y que aún nos queda un largo camino que recorrer para conocerla en su totalidad, si es que algún día lo logramos (ver *Recuadro ¡Se buscan!*).

Cuando los científicos descubren una nueva especie, lo primero que hacen para que sea reconocida es describirla y clasificarla dentro de algún grupo biológico según sus características; entonces se le da un nombre científico que será válido en todo el mundo.

¿Dónde se encuentran todas estas especies?

Las especies no están distribuidas homogéneamente en el planeta, sino en patrones que están determinados por diversos factores. Mientras algunas áreas poseen una diversidad de especies excepcional (como las selvas tropicales y los arrecifes coralinos), en otras el número de especies es considerablemente menor (como en algunas regiones polares o desérticas y en las ventilas hidrotermales de los fondos oceánicos; Figura 5).

Los expertos han identificado algunos factores que influyen en la distribución de las especies, por ejemplo la latitud, la altitud y la profundidad, así como otros de orden ambiental como la temperatura y la precipitación. Estos factores se correlacionan entre sí, por ejemplo, a mayor profundidad en los mares, menor es la temperatura, y a menor latitud, es decir conforme nos acercamos al Ecuador terrestre, mayor es la temperatura. Veamos cómo se relaciona la riqueza de especies con estos factores. En lo que respecta a la latitud, en general, el número de especies de plantas y animales disminuye hacia los polos y se incrementa hacia el Ecuador. Por otro lado, para la mayoría de las especies, conforme aumenta la altitud, menor es su número, es por ello que en tierras bajas generalmente se pueden encontrar más especies de las que podríamos encontrar en las cimas de las montañas y volcanes. Con respecto a la profundidad en mares y lagos, conforme nos sumergimos en ellos, menor es el número de especies. En el caso de los factores relacionados con las variables climáticas te diremos, por ejemplo, que en general a mayor temperatura y precipitación, mayor es el número de especies.

¡Se buscan!

A pesar del intenso trabajo que por siglos han realizado los especialistas buscando, identificando, describiendo y clasificando especies a lo largo del mundo, aún nos falta por conocer una gran parte de su diversidad global. No obstante, su esfuerzo se ve recompensado en las cerca de 18 000 especies (en su mayoría invertebrados) que se descubren anualmente en el mundo.

Aunque ya se han descrito alrededor de 1.68 millones de especies, se calcula que si el total que habita nuestro planeta es de 30 millones, entonces faltaría más del 90% por ser descubiertas y descritas formalmente. En la Figura puedes encontrar el porcentaje de las especies descritas y la estimación de las que aún no se han descubierto para diferentes grupos biológicos.

Tal vez te preguntes cómo es que a pesar de que se han descrito miles de especies aún falten tantas por conocer. Esto se debe a que encontrarlas no es tarea fácil. Algunas de ellas están en lugares poco accesibles al hombre o no son nada fáciles de colectar, como las que viven en las profundidades oceánicas, las cuevas, las aguas frías por debajo de los casquetes polares, las copas y troncos de los árboles, las paredes rocosas y las grietas de las montañas, entre otros hábitats.



RECUADRO

¡Se buscan!

Para darte una idea de lo que se puede avanzar en el conocimiento de la riqueza de especies, te diremos que en una exploración de las selvas de Panamá, los científicos encontraron, en tan sólo 19 árboles, 1 200 especies de escarabajos. Otros estudios han encontrado que en una hectárea de selva podrían existir hasta 42 000 especies de insectos.

Hay miles de ejemplos no muy conocidos de especies descritas en años recientes. En el año 2010, por ejemplo, se descubrieron en Borneo, la rana más pequeña del mundo (Microhyla nepenthicola), apenas más grande que un chícharo; en Filipinas, el lagarto gigante (Varanus bitatawa), de aproximadamente 2 metros de largo; y en las selvas de Colombia, fue encontrado el mono tití (Callicebus caquetensis). Aun en las zonas urbanas se han hecho este tipo de descubrimientos, por ejemplo, en 2003 se encontró en el Central Park de Nueva York, Estados Unidos, una nueva especie de ciempiés (aunque en realidad sólo tiene 82 patitas), bautizada como Nannarrup hoffmani, de poco más de un centímetro de largo.

Como verás, la tarea es grande. Ahora más que nunca es necesario impulsar e incrementar el trabajo de los especialistas que buscan explorar muchas regiones y ecosistemas que están amenazados o desapareciendo rápidamente. Con tristeza podemos decir que es muy probable que muchas especies de plantas, animales e incluso microorganismos se han extinguido o lo harán sin que lo sepamos.

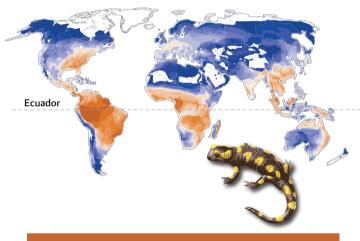
FIGURA 5

Distribución de la riqueza de especies de algunos grupos

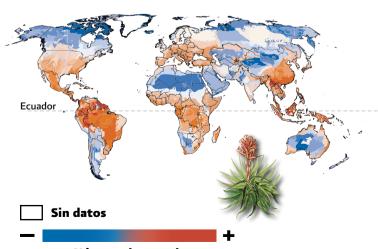
Mamíferos terrrestres



Anfibios

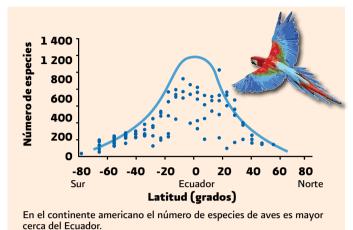


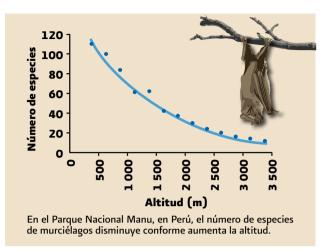
Plantas vasculares

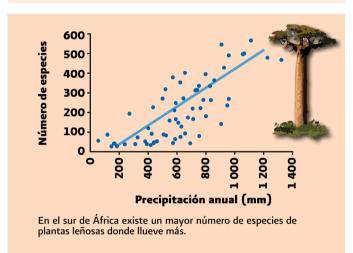


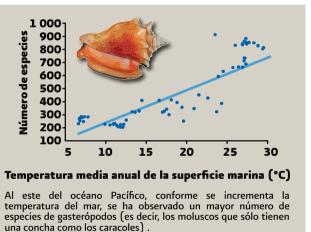


Distribución de algunos grupos de especies con relación a factores geográficos y ambientales









En la Figura 6 te mostramos ejemplos de cómo se distribuye la diversidad de algunos grupos de especies con relación a estos factores.

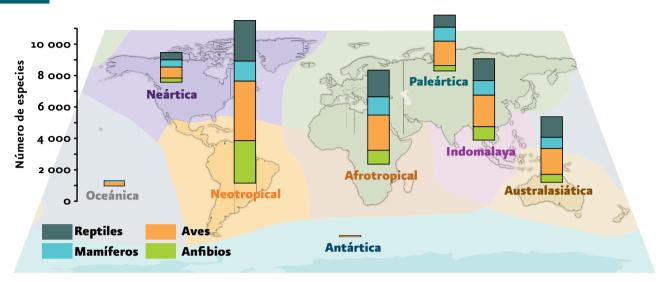
El estudio de la distribución de las especies también se puede abordar desde una perspectiva global, regional, local, por ecosistema o incluso a nivel de hábitat. Veamos algunas de estas aproximaciones. Los expertos han propuesto regiones biogeográficas con base en los patrones de distribución de las especies. Estas regiones son grandes extensiones de la superficie terrestre donde la flora y la fauna han evolucionado en relativo aislamiento durante largos periodos. Dicho aislamiento se ha mantenido por barreras

geográficas como océanos, desiertos o montañas que han impedido que las especies de plantas o animales migren de una región a otra.

Una de las clasificaciones más empleadas reconoce ocho regiones biogeográficas en el mundo: Paleártica (que incluye a Europa, Asia y el norte de África), Neártica (Norteamérica, incluyendo la parte norte de México), Neotropical (sur de México, Centro y Sudamérica), Afrotropical (África subsahariana y el extremo sur de Arabia), Indomalaya (sureste de Asia, Filipinas e Indonesia), Australasiática (Australia, Nueva Guinea y Nueva Zelanda), Oceánica (Polinesia, Fiji y Micronesia) y Antártica. La Figura 7 muestra

Figura 7

Número de especies conocidas por región biogeográfica



el número de especies, por grupo, en las diferentes regiones biogeográficas. Podrás notar que la región Neotropical alberga la mayor riqueza de anfibios, aves, mamíferos y reptiles; le siguen la región Afrotropical, Indomalaya, Australasiática y Paleártica.

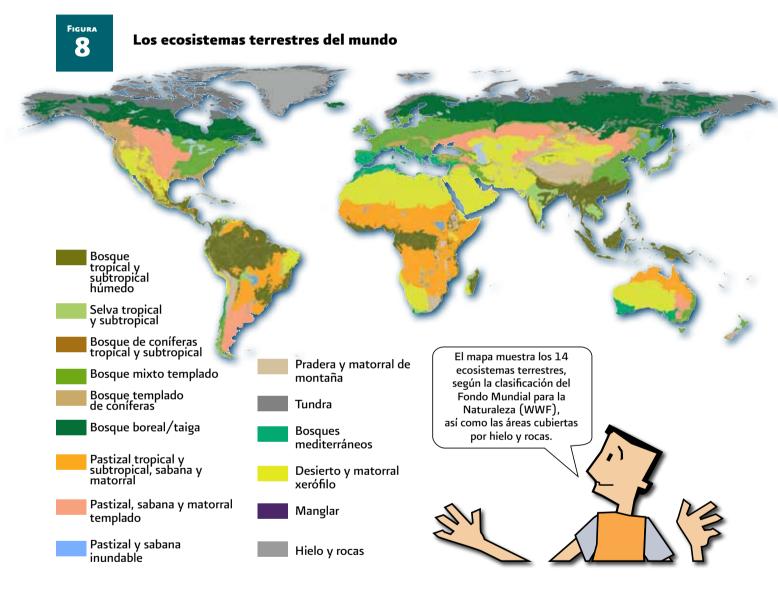
Los ecosistemas también se distribuyen de manera heterogénea en el planeta. En la Figura 8 te presentamos la distribución de los principales ecosistemas terrestres en el mundo de acuerdo con una de las clasificaciones existentes elaborada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), que los agrupa en 14

La enorme diversidad de ecosistemas provee un sinfín de hábitats para numerosas especies. Esta variedad la podemos encontrar a diferentes niveles, que van desde el tronco de un árbol que alberga cientos de especies de insectos, la hojarasca que se acumula en el suelo y que es un refugio para una gran cantidad de animales y microorganismos, hasta las inmensas selvas en las que habitan cientos de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos.

grandes tipos. Además de estos ecosistemas naturales existen otros que han sido producto de las actividades humanas, incluso nosotros dentro de nuestras comunidades urbanas y rurales formamos parte de ellos.

Los ecosistemas no son igualmente ricos en especies; algunos, como las selvas tropicales, tienen mayor número de especies y otros significativamente menos, como los pastizales de las zonas templadas. En la Figura 9 te mostramos una comparación del número de especies de algunos grupos que podemos encontrar en los ecosistemas del mundo. La mayor riqueza de especies de vertebrados se encuentra en los bosques tropicales y subtropicales de niebla, con alrededor de 20 000 especies entre anfibios, aves, mamíferos y reptiles. En contraste, los ecosistemas con menor número de especies de vertebrados son la tundra y los bosques boreales. Como también podrás apreciar, en la mayoría de los ecosistemas es mayor el número de especies de aves, seguidas de los mamíferos y los reptiles.

Una muestra de la enorme diversidad que existe en los ecosistemas, se encuentra en la región amazónica de Brasil, Colombia y Perú, la cual alberga un tercio de las plantas conocidas en todo el planeta. Tan sólo en la parte brasileña se estima que hay al menos 30 000 especies de plantas, 311 de mamíferos, 1 300 de aves, 163 de anfibios y 1 800 de peces de agua dulce.



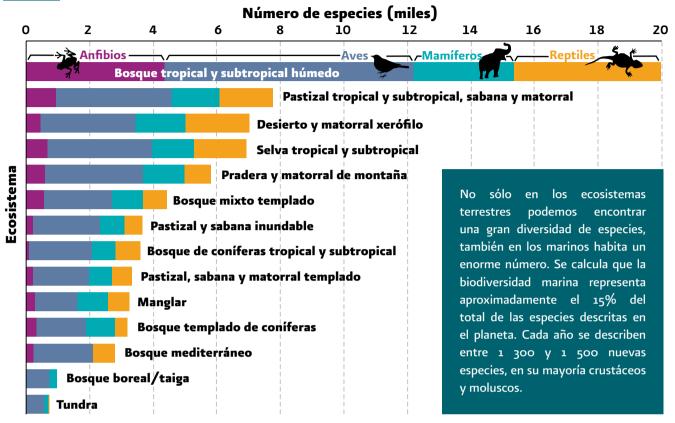
Los países megadiversos

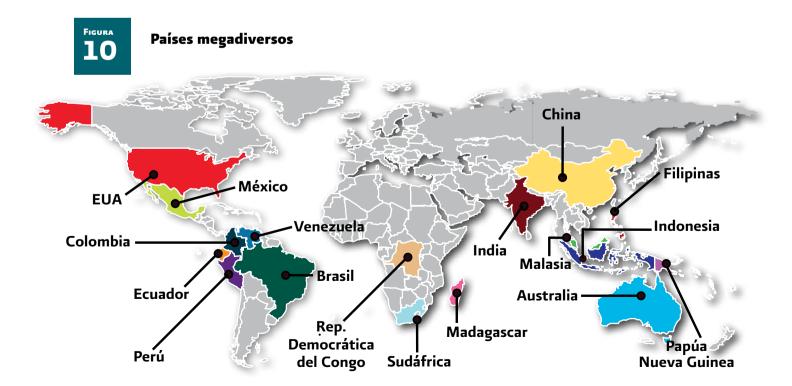
¿Has escuchado hablar de los países megadiversos? Entre las casi 200 naciones del mundo, existe un selecto grupo de países que poseen una biodiversidad excepcional, de ahí que se les llame de esta manera. En este grupo se encuentran México, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Congo, Madagascar, China, India, Malasia,

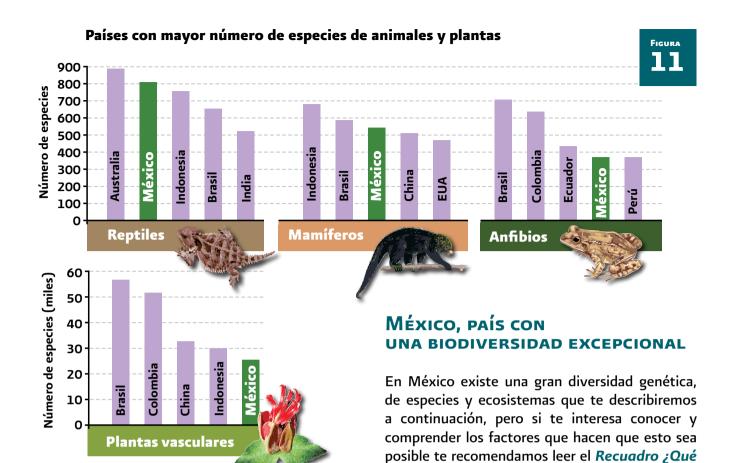
Indonesia, Australia, Papúa Nueva Guinea, Sudáfrica, Estados Unidos, Filipinas y Venezuela (Figura 10). ¡Imagínate, en ellos se encuentra entre el 60 y 70% de la diversidad mundial de especies! No obstante, se considera que un país es megadiverso no sólo debido a su gran riqueza de especies, sino también a su diversidad genética y de ecosistemas.



Distribución de algunos grupos de vertebrados terrestres en los ecosistemas del mundo







Los países megadiversos comparten, en general, la posición geográfica cercana al Ecuador, una gran diversidad de paisajes, superficies territoriales grandes, la presencia de barreras geográficas que producen el aislamiento de las especies, e incluso, una gran riqueza cultural que ha promovido la generación de nuevas variedades de plantas y animales por medio de la domesticación.

Si consideramos la riqueza de especies de algunos grupos de animales y plantas, México se ubica dentro de los primeros lugares de los países megadiversos en cuanto a la diversidad de reptiles (segundo lugar), mamíferos (tercero), anfibios (cuarto) y plantas (quinto; Figura 11). Si se considera el número total de especies de vertebrados y vegetales, México se ubica en cuarto lugar a nivel mundial.

LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN MÉXICO

hace a México un país megadiverso?

La información que los científicos han recopilado indica que la diversidad genética de las especies mexicanas es enorme. Hasta ahora la mayor parte de los estudios se ha concentrado en las especies de interés económico, principalmente plantas. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), se ha encontrado una elevada diversidad genética en algunas especies silvestres de pinos, encinos, epífitas4 y cícadas, así como en plantas comestibles como las calabazas. Para los animales, se tiene documentada una alta diversidad genética en el lobo marino de California (Zalophus californianus) y algunas especies de aves. Mención especial merece el caso del maíz (Zea mays), que además de contar con una gran diversidad genética es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo (Recuadro De México para el mundo: el maíz).

⁴ Se llaman así porque crecen adheridas a los troncos de los árboles por medio de sus raíces.

¿Qué hace a México un país megadiverso?

La comunidad científica concuerda con que la gran biodiversidad de México se debe cuando menos a tres factores: en nuestro territorio se encuentran y mezclan dos importantes zonas biogeográficas, el complejo relieve montañoso y la variedad de climas. Esto a su vez se suma a la evolución *in situ* de muchísimas especies durante millones de años.

Comencemos por la confluencia de dos zonas biogeográficas: la Neártica y la Neotropical. De la zona Neártica proceden las especies típicas de los climas fríos, como las mariposas monarca, el borrego cimarrón y el lobo mexicano, así como pinos, abetos y otras coníferas. De la zona Neotropical provienen las especies tropicales, como el tapir, los monos, las iguanas y las guacamayas, así como una enorme diversidad de árboles como la caoba, el cedro y el hule, entre muchas otras.

El segundo factor es el relieve. Si has viajado por carretera o por avión, habrás notado que en muchas zonas de nuestro país el paisaje no es en lo absoluto plano. Lejos de ello, está integrado por imponentes serranías, altas mesetas, volcanes y grandes valles que permiten el viaje de caudalosos ríos y el asiento de numerosos lagos y lagunas. Toda esta diversidad de ambientes crea una extensa gama de condiciones que permiten la presencia de muchas y muy variadas especies. Además, las múltiples sierras y volcanes funcionan como barreras que impiden que muchas de las poblaciones se comuniquen o se extiendan a otras regiones, evitando así que los individuos de ambos lados de la cadena montañosa se entrecrucen y se favorezca, al paso de muchísimas generaciones, la aparición de nuevas especies.

Factores que influyen en la biodiversidad de México Regiones biogeográficas Neártica Neotropical Relieve **Climas**

Finalmente, el tercer factor que ha enriquecido la gran biodiversidad de México es la variedad de climas. La posición geográfica de nuestro país, la influencia de dos grandes océanos (el Pacífico y el Atlántico) y las cadenas montañosas crean en el territorio nacional un impresionante mosaico de climas. Podemos encontrar desde los muy secos en el norte, hasta los cálido-húmedos en el sureste, pasando por los templados a lo largo de las principales sierras y los fríos en la parte alta de las montañas. Esta variedad de climas permite que una gran diversidad de ecosistemas y sus especies prosperen.

Estos factores no han actuado por separado, su acción conjunta, combinada con cambios geológicos en el territorio y los procesos de evolución de los grupos biológicos a lo largo de varios cientos de millones de años, han hecho posible que en nuestro país se desarrolle la excepcional biodiversidad que encontramos actualmente.



De México para el mundo: el maíz

"De maíz amarillo y de maíz blanco se hizo su carne; de masa de maíz se hicieron los brazos y las piernas del hombre. Únicamente masa de maíz entró en la carne de nuestros padres...". Es así como relata el Popol Vuh la profunda relación del hombre prehispánico con el maíz. Los antiguos mexicanos le brindaron a la humanidad algunas de las especies de plantas que más se consumen en las cocinas y los platos del mundo actualmente. De ellas, la más famosa e importante es, sin duda, el maíz (Zea mays). Las evidencias arqueológicas y biológicas señalan al altiplano mexicano como el lugar en el que hace unos 7 000 años atrás se domesticaron las primeras plantas de esta especie, llamada teocintle (Zea mays parviglumis). Esta planta que, en nada se parece al maíz que

conocemos hoy en día, contiene el doble de proteínas que el maíz pero produce una espiga de tan sólo cinco a once granos que caen al suelo una vez maduros.

La domesticación del teocintle para transformarlo en el maíz cultivado, requirió un proceso de selección y mejoramiento artificial que iniciaron los antiguos habitantes del territorio mexicano y que continúa hasta nuestros días. Esta selección no se hacía con técnicas sofisticadas, sino aprovechando la destreza de los agricultores que seleccionaban y reproducían manualmente las plantas con las mejores mazorcas. Las bondades que este cereal le trajo a la alimentación produjeron que se extendiera, primero, a lo largo del continente americano (principalmente en Guatemala, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, donde se ha diversificado también su nombre: maíz, choclo, jojoto, milho y elote) y después de la llegada de los españoles, al resto del mundo. Actualmente, el maíz es uno de los ocho cereales más importantes a nivel mundial (junto al trigo, cebada, avena, centeno, arroz, sorgo y mijo) y proveen, en conjunto, el 56% del aporte energético y 50% de la proteína consumida en el mundo.

De acuerdo con la Conabio existen en el continente americano entre 220 y 300 variedades de maíz; en México se encuentran entre 41 y 59 de ellas, lo cual es un reflejo de su gran riqueza genética. Más allá de sus virtudes como alimento del que se pueden obtener las tradicionales tortillas, harinas, hojuelas







y pastas muy nutritivas, también es usado como ingrediente esencial para procesos industriales como la fabricación de plásticos biodegradables y medicinas, y es la base de productos como el almidón, aceites, bebidas alcohólicas, edulcorantes y biocombustibles. Del maíz se producen también variedades forrajeras para alimentar al ganado.

A pesar de que nuestro país es el centro de origen del maíz, los principales países productores son Estados Unidos y China con poco más de 486 millones de toneladas en el año 2010, lo que corresponde al 59% de la producción mundial. Por su parte, México participa en la producción global de maíz con 3% del total. En lo que se refiere al consumo, en 2010 Estados Unidos era el mayor consumidor mundial (con 35%), seguido por China con el 19% y la Unión Europea con 7%; México ocupó el quinto lugar con 4% del consumo mundial.

También se ha analizado la diversidad genética de algunos microorganismos. Las bacterias del género *Rhizobium* (que viven en el suelo asociadas a las raíces de las leguminosas como el frijol y muchas especies de árboles tropicales y les ayudan a capturar el nitrógeno que existe en el aire y transformarlo en nutrimentos) y la *Escherichia coli*, una bacteria que vive naturalmente en el intestino de los animales de sangre caliente, incluyendo el humano, han mostrado poseer una alta variedad en sus genes.

¿Cuántas especies hay en México?

De las 1.68 millones de especies descritas en el mundo, se estima que en México tenemos entre 10 y 12% del total de las de vertebrados terrestres y plantas vasculares a nivel mundial. Estas cifras resultan notables puesto que, en general, se espera que a mayor tamaño de los países habrá mayor diversidad y nuestro país tan sólo ocupa 1.5% de la superficie terrestre global. Del total de especies que se conocen en México, poco más de 25 000 corresponden a plantas vasculares, alrededor de 5 500 a vertebrados (la mayoría peces y aves), 7 000 a hongos y cerca de 70 000 a invertebrados (la mayor parte insectos: 47 853 especies; Figura 12).

Aun cuando los botánicos han incrementado notablemente el conocimiento de las plantas mexicanas, pues han descrito alrededor de 25 000 especies, se estima que el total podría oscilar entre las 27 000 y 30 000. Para los vertebrados, los expertos calculan que se conoce cerca del 97% de las especies, pues estiman que el total podría alcanzar cerca de 5 700 especies.

México posee entre el 10 y 12% del total de las especies de vertebrados terrestres y plantas vasculares a nivel mundial.



¹Incluye corales, esponjas, erizos, estrellas y pepinos de mar y gusanos planos, redondos y anillados, entre otros. Esta gran diversidad no está distribuida homogéneamente; entre los estados del país hay diferencias importantes en la riqueza de especies (Figura 13). En el caso de los vertebrados, los cinco estados que poseen la mayor riqueza de especies son Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Sinaloa y Baja California. Para plantas vasculares y artrópodos los estados más ricos son Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Jalisco.

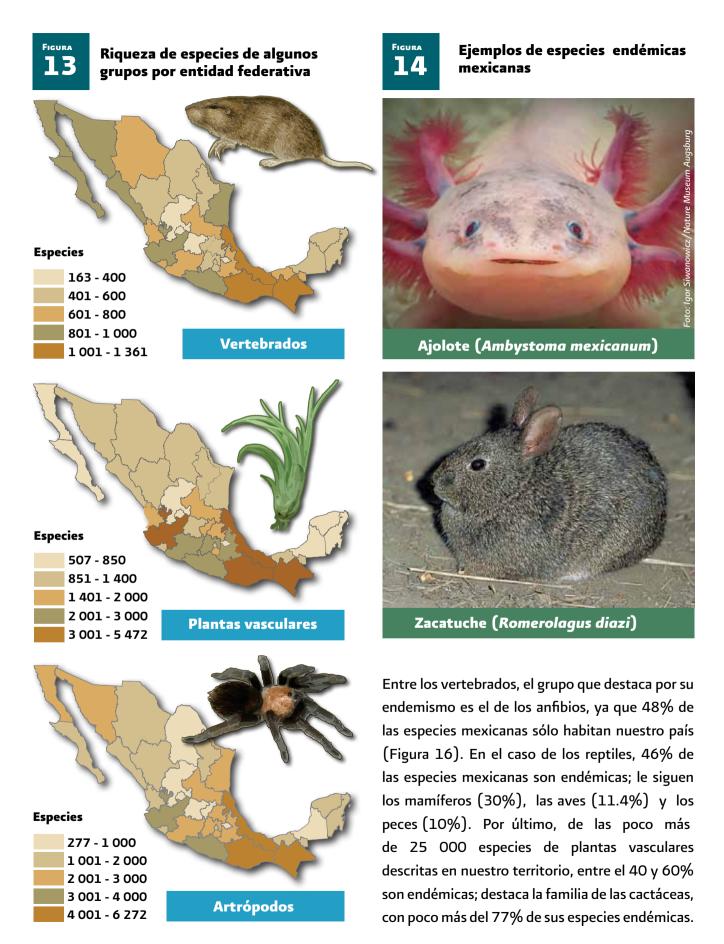
LAS ESPECIES ENDÉMICAS

Otro de los rasgos importantes de la riqueza biológica de México es que muchas de sus especies son endémicas. Esto quiere decir que su distribución está restringida a una determinada región o país y no se encuentran en algún otro lugar del planeta. México no sólo tiene especies endémicas, también existen géneros o familias endémicas⁵.

Dos ejemplos notables de especies endémicas mexicanas son el ajolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum) y el teporingo, zacatuche o conejo de los volcanes (Romerolagus diazi) que habita las praderas de alta montaña que bordean el Valle de México (Figura 14). Si comparamos a nuestro país con el resto del mundo, ocupa el cuarto lugar en especies endémicas de vertebrados (tan sólo por debajo de Australia, Brasil e Indonesia) y el tercero en especies endémicas de plantas vasculares (después de China e India; Figura 15).

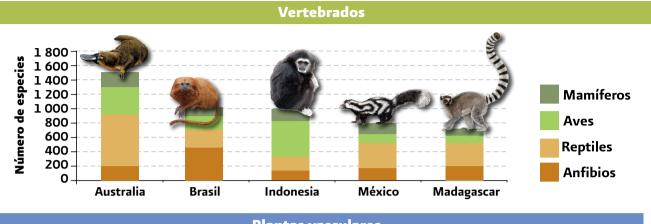
² Incluye milpiés y ciempiés, entre otros.

⁵ Un ejemplo de género endémico a México es el de las cotorras serranas (*Rhynchopsitta*), cuyas especies *R. terrisi* y *R. pachyrhyncha* tan solo habitan algunos bosques templados del norte del país. Un ejemplo de familia endémica a nuestro país es la Typhlochactidae, compuesta por nueve especies de alacranes que habitan en cavernas.

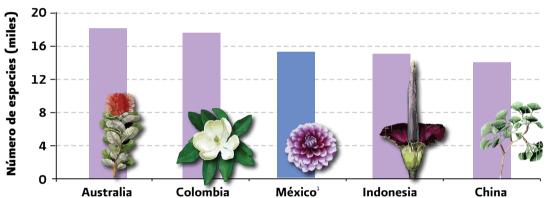




Países con mayor número de especies endémicas de vertebrados y plantas vasculares



Plantas vasculares



Nota:

¹Las estimaciones sobre el número de plantas vasculares endémicas reportan entre 10 mil y 15 mil especies.

NUESTRA RIQUEZA DE ECOSISTEMAS

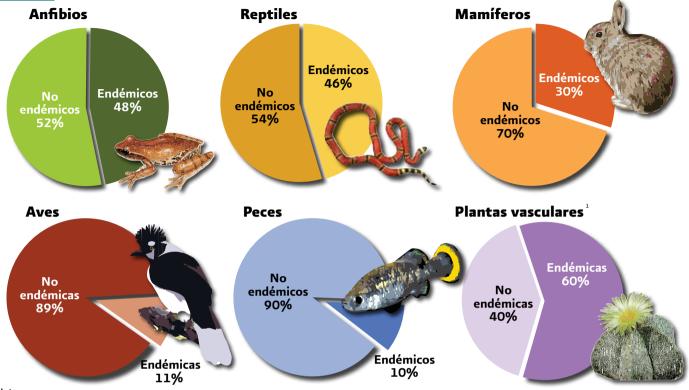
En la parte terrestre de nuestro país podemos encontrar casi todos los tipos de vegetación reconocidos en el mundo, que van desde las selvas húmedas y subhúmedas (como las de la Península de Yucatán), los bosques templados y mesófilos de montaña (como los de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, en Chiapas), hasta los matorrales xerófilos (dominados por arbustos y que se encuentran principalmente en el norte del país), los pastizales naturales (como los de Janos en Chihuahua) y la vegetación halófila y gipsófila⁶

de las zonas costeras y desérticas. En la Figura 17 te presentamos con mayor detalle la distribución de los ecosistemas en México.

Con la gran diversidad de ecosistemas de México rivalizan, a nivel mundial, tan sólo la de China, India, Perú y Colombia. Algunos autores consideran que ciertos tipos de vegetación, como los pastizales gipsófilos del altiplano central o los izotales dominados por plantas como los sotoles, yucas y nolinas, son exclusivos de nuestro país, lo cual sería el equivalente a poseer "ecosistemas endémicos" (Figura 18).

16

Endemismo de vertebrados y plantas vasculares en México



 $^{^1\}text{Las}$ estimaciones reportan entre 40 y 60% de especies de plantas vasculares endémicas.

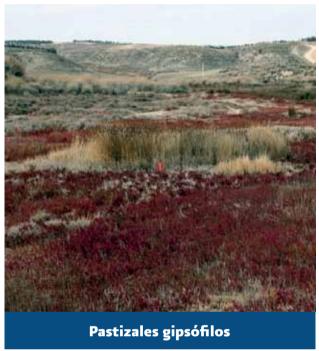


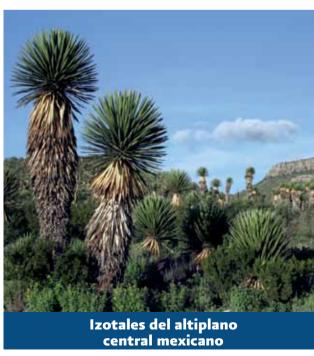
¹Incluye palmar natural e inducido, vegetación de dunas costeras, chaparral, matorral submontano, sabana y sabanoide. Las selvas subhúmedas incluyen a las selvas caducifolias y subcaducifolias.

La selva húmeda de La Lacandona alberga el 25% de toda la diversidad de especies de México en un área que apenas alcanza el 1% de la superficie nacional.

18

Ejemplos de ecosistemas endémicos a México





Las selvas húmedas y los bosques de niebla son los ecosistemas terrestres con mayor riqueza de especies. En México, contribuyen con el 17 y 12%, respectivamente, de la flora nacional (más de 5 000 y 3 000 especies, respectivamente).

La riqueza natural de México no sólo se encuentra en la parte terrestre, sino también en los ecosistemas acuáticos. Existen ecosistemas donde predominan las aguas salobres (como los estuarios, en los cuales confluyen el agua dulce de los ríos y la salada del mar) y otros en los que domina el agua dulce, como en los ríos, lagos y lagunas. En nuestro territorio se calcula que habita 60% de los peces de agua dulce de Norteamérica y 6% del total mundial. Los ríos con mayor diversidad de peces son el Coatzacoalcos (53 especies, 13% endémicas), Lerma-Santiago (57 especies, 58% endémicas), (75 especies, 30% endémicas) y Papaloapan (47 especies, 21% endémicas). Algunas de las lagunas y lagos más importantes por su riqueza de especies y número de endemismos son el lago de Chapala (en los estados de Jalisco y Michoacán), los lagos-cráter de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz), el lago de Catemaco (Veracruz), la laguna de Chichankanab (Quintana Roo y Yucatán) y la laguna de la Media Luna (San Luis Potosí).

En los bosques de niebla de México, también llamados bosques mesófilos de montaña, el 30% de especies de plantas son endémicas. En estos bosques también existe una elevada diversidad de vertebrados terrestres (755 especies).

Nuestros mares albergan también muy diversos ecosistemas. Cerca de las costas podemos encontrar a los arrecifes de coral, lagunas costeras y comunidades de pastos marinos; mucho más allá, en mar abierto, existen en las profundidades oceánicas ecosistemas repletos de especies. Sin embargo, debido a que la exploración marina ha sido más difícil y es costosa, el conocimiento que se tiene sobre sus ecosistemas y especies es menor que en el caso de los ecosistemas terrestres.

Los arrecifes coralinos son los ecosistemas marinos de mayor riqueza biológica. En México existen alrededor de 60 especies de corales constructores de arrecifes y tan sólo en el sur del Golfo de México se han registrado 1 983 especies de plantas y animales asociadas a los arrecifes.

En general se conocen bien las especies acuáticas de interés económico, es decir, aquellas que se extraen para el consumo humano (como el atún, el huachinango, el calamar, el camarón o la langosta, entre muchas otras) o bien las que son de uso deportivo (como el marlín o el pez vela). Sin embargo, no se sabe mucho respecto a otras especies tanto de aguas profundas como someras. La Conabio reporta que en nuestro país se han descrito 2 184 especies de peces marinos, y que esta cifra sólo es superada por la diversidad de la región del Pacífico asiático, conformada por Indonesia, Filipinas, Australia y parte de Papúa Nueva Guinea, las cuales, no obstante, suman una superficie marina mucho mayor que la nacional.

¿Por qué es importante la biodiversidad?

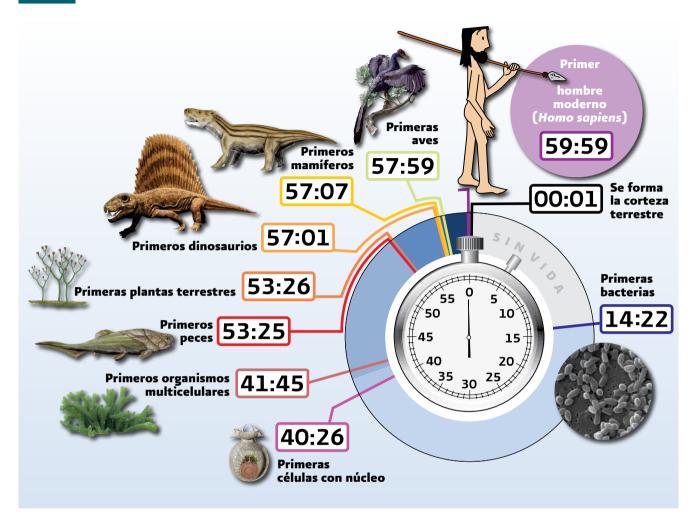
Ahora que sabes qué es la biodiversidad, cómo se estudia y dónde se encuentra, la siguiente pregunta es cuál es su importancia y por qué nos debe preocupar que se pierda o deteriore. Quizá la primera razón que nos viene a la mente es que de ella obtenemos recursos sin los cuales no viviríamos, pero es importante reconocer que la biodiversidad, en toda su variedad de formas y niveles, es valiosa por sí misma, independientemente de la importancia que pueda tener para nosotros.

biodiversidad, con toda su gama de ecosistemas y especies (algunas extintas y otras aún presentes), han ocupado este planeta mucho antes de que la humanidad hiciera su aparición y han jugado un papel importante en el desarrollo y fisonomía de la vida tal y como hoy la conocemos. Déjanos darte algunos ejemplos de ello. Las células que forman nuestro cuerpo y las de las plantas y animales que conoces fueron, según parece apuntar la evidencia científica, el resultado de la asociación simbiótica entre algunos de los primeros organismos unicelulares que vivieron en la Tierra. Por otro lado, las características de la atmósfera actual, y en particular la presencia del oxígeno vital para la respiración, fueron consecuencia de la actividad de numerosos organismos fotosintéticos. Finalmente, el éxito y la expansión de las plantas con flores, ahora tan comunes, no pudiera explicarse sin la presencia de insectos con los que han convivido desde hace poco menos de doscientos millones de años.

En realidad, si lo pensamos detenidamente, la vida en el planeta ha sido el resultado de la existencia e interacción de un sinfín de especies, entre las que la especie humana (Homo sapiens) y sus ancestros somos sólo una pequeñísima parte. Tal y como nos reconocemos actualmente, tan sólo hemos estado una fracción insignificante de la historia de la Tierra. Si esta historia la representáramos como una hora, los primeros organismos vivos unicelulares aparecerían cerca del minuto catorce, las plantas a los 53:26, los dinosaurios a los 57:01, los primeros mamíferos

FIGURA 19

La biodiversidad ha existido desde mucho tiempo antes que la humanidad



a las 57:07 y la humanidad hubiera evolucionado tal y como es actualmente tan sólo hasta el último segundo de esa hora (59:59; Figura 19).

Si consideramos esta perspectiva histórica, es evidente que la biodiversidad tiene valor por sí misma, por lo que deberíamos entonces preguntarnos si, como especie, podemos considerarnos como sus legítimos propietarios y si tenemos por tanto el "derecho" de afectarla como lo hemos estado haciendo desde muchos siglos atrás o quizá, más bien, deberíamos reconocer y asumir el compromiso de conservarla.

Nuestra especie, como todas las demás que habitan el planeta, depende forzosamente del ambiente y de muchos de sus recursos para cubrir sus necesidades. Posiblemente no lo consideramos importante porque lo vemos como algo natural que simplemente está ahí (como el oxígeno que respiramos) o no lo asociamos con una función de los ecosistemas (por ejemplo, con proveer alimentos y materiales diversos o el agua limpia) o simplemente porque nuestro contacto y conocimiento de la naturaleza se restringe a algún día de excursión, a las salidas a la playa o a los documentales sobre la vida salvaje.

Pero déjanos decirte que, independientemente de si vives en ciudades o en zonas rurales, los beneficios que obtenemos de los ecosistemas son muchísimos e indispensables. Formalmente estos beneficios se denominan servicios ambientales. En la Figura 20 te mostramos algunos de los servicios ambientales más importantes que obtenemos de los diferentes ecosistemas. La comunidad científica clasifica formalmente a los servicios ambientales en cuatro tipos: de soporte, provisión, regulación y culturales (Figura 21). De ellos, los de soporte son quizá, los más importantes, ya que constituyen la base para el funcionamiento de los ecosistemas y con ello, para la existencia de los demás tipos de servicios.

Aunque la biodiversidad y sus servicios ambientales son, en esencia, gratuitos y para todos los seres humanos, tradicionalmente los hemos considerado inagotables y no han sido valorados en su justa dimensión. Quizá por ello, a lo largo de la historia, para poder cubrir nuestras necesidades los hemos sobreexplotado, sin considerar que dañamos al ambiente y a la biodiversidad y, en muchos casos, esto se refleja en la pérdida y deterioro de los mismos servicios ambientales. Un ejemplo lo podrás consultar en el Recuadro Importancia de los manglares.

Esta pérdida y deterioro de los ecosistemas ha generado el interés y la necesidad de cuantificar su valor. Un concepto que recientemente ha cobrado mucha importancia es el valor de los servicios ambientales. Veamos en qué consiste. ¿Alguna vez has pensado cuánto pagarías por el aire que respiras o por la lluvia que riega los cultivos? Contestar estas preguntas no es nada fácil. Desde el punto de vista económico una posibilidad es estimar cuánto costaría, -de ser posible-, sustituir los servicios ambientales por sistemas artificiales que brindaran el mismo servicio. Por ejemplo, la filtración y purificación del agua que realizan los ecosistemas podría sustituirse por plantas de tratamiento y potabilizadoras que para su construcción y operación requieren de mucho dinero.

Hagamos un ejercicio para tratar de asignar un valor económico a un servicio ambiental. Por ejemplo, una labor que hacen naturalmente los murciélagos, aves, serpientes y muchas otras especies es controlar las plagas que atacan los cultivos. Una estimación del valor de este servicio ambiental podría obtenerse por medio del cálculo del precio de los plaguicidas que deberíamos usar para eliminar las plagas en ausencia de estos animales. A esta cifra también debemos sumar el costo de la transportación de estos químicos a los campos de cultivo, los salarios de los trabajadores que los aplicarían y posiblemente el tratamiento de las personas que resultasen afectadas por su aplicación, entre otros costos.

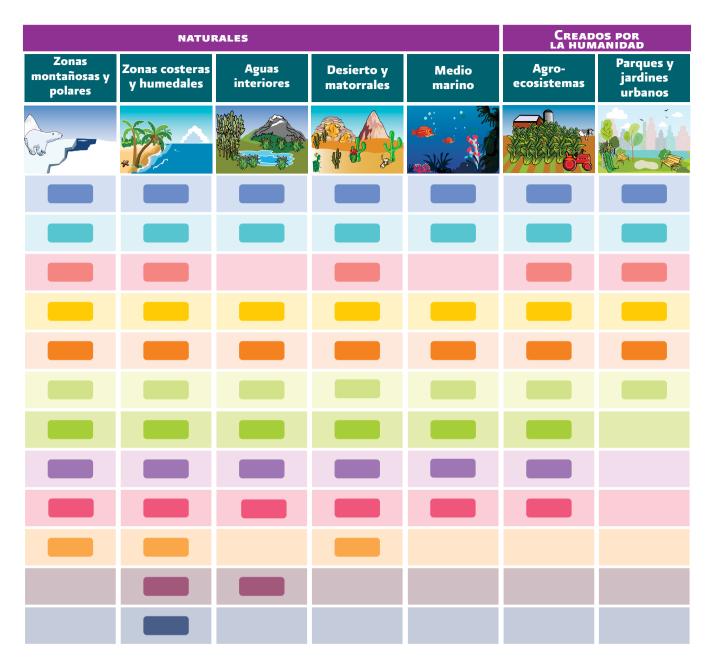
Como puedes ver, asignar un valor económico a los servicios ambientales de los ecosistemas no es sencillo, ya que son muchas las variables que se deberían considerar y no son siempre fácilmente medibles. En teoría, si pudiéramos hacerlo,

PIGURA ZO ECOSISTEMA		
		Bosques y selvas
Servicio ambiental	Importancia para el bienestar humano	
Regulación del clima	Mantenimiento de las condiciones climáticas adecuadas para la vida.	
Ciclos de nutrientes y del agua	Procesamiento de desechos y materia orgánica muerta. Ciclo del agua.	
Polinización y control de enfermedades y plagas	Producción de algunos cultivos comerciales y control biológico de organismos nocivos.	
Regulación de la calidad del aire	Regulación de las concentraciones de contaminantes dañinos para la salud.	
Educación, espiritualidad y recreación	Seguridad, educación, apreciación estética, ecoturismo, espiritualidad, recreación y cultura.	
Provisión de agua	Sustento básico para la vida y las actividades productivas. Regulación de las concentraciones de contaminantes.	
Provisión de alimento	Sustento básico y recursos económicos.	
Provisión de recursos diversos	Usos múltiples: medicinas, fibras y ornato, entre otros.	
Provisión de leña	Fuente de energía.	
Control de la erosión	Mantenimiento del suelo, soporte físico para las plantas, retención y disponibilidad de nutrimentos.	
Protección contra eventos naturales extremos	Regulación de tormentas e inundaciones y amortiguamiento de sus consecuencias.	
Provisión de madera	Material de construcción, fabricación de papel y bienestar económico.	

Aproximadamente una tercera parte de la producción alimentaria mundial depende de la polinización que realizan los insectos (principalmente las abejas). Se calcula que el valor de este servicio en la agricultura alcanza los 200 000 millones de dólares anuales.

resultaría de sumar el valor de los servicios de provisión (como la madera y los alimentos) que tienen precio en el mercado, el de los servicios de soporte y regulación (como el control de plagas que mencionamos anteriormente o la regulación del clima), y el valor de los servicios culturales (como el valor espiritual y estético de los ecosistemas), el cual es difícilmente calculable.

No obstante, a pesar de la dificultad que implica, se han hecho diversos esfuerzos para asignar un valor a los servicios ambientales. En 1997, un equipo de investigadores hizo una estimación del valor de los servicios que anualmente prestan los ecosistemas a nivel mundial. Sin considerar



todas las categorías de los servicios brindados, el cálculo obtenido fue de entre 16 y 54 millones de millones de dólares (esto es, ¡un 16 o 54 seguidos por doce ceros!), lo cual equivale a casi cinco veces el total de la deuda externa de los países en desarrollo, que en 2007 ascendía a 3.36 millones de millones de dólares. Posteriormente se han hecho nuevas evaluaciones, mejorando la forma de calcular el valor de los servicios ambientales y, aunque difieren en sus cuentas, en todos los casos resultan valores muy altos. En la Figura 22

se muestran los resultados que se obtuvieron en este estudio para cada tipo de ecosistema.

Sin duda, los ecosistemas son muy valiosos y el costo asociado a perderlos es muy alto. Por eso se dice que en la mayoría de los casos es más rentable conservarlos que pagar los costos ocasionados por su falta, pero parece que no lo hemos entendido. En el siguiente capítulo veremos las principales amenazas identificadas en el mundo.

Tipos de servicios ambientales

Procesos de regulación o funcionamiento de los ecosistemas

Productos materiales que se obtienen directamente de los ecosistemas

Beneficios no materiales que satisfacen necesidades científicas, espirituales y recreativas





Regulación del clima y control de inundaciones



Control de enfermedades



Regulación

Alimento



Agua



Combustibles, fibras y medicamentos



Provisión

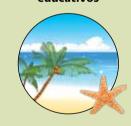
Espirituales y religiosos



Recreación y ecoturismo



Estéticos y educativos



Culturales

Ciclo del agua



Formación del suelo y ciclo de nutrimentos



Fotosíntesis



Soporte

Procesos en los que se basa el funcionamiento de los ecosistemas y, por lo tanto, la producción de otros tipos de servicios

Importancia de los manglares

Los manglares son ecosistemas en los que predominan varias especies de árboles conocidos como mangles. Generalmente no son muy altos, pero sí muy resistentes a la salinidad del agua, por lo que viven en la interfase de los ambientes terrestres y marinos. Ocupan un lugar muy importante entre los ecosistemas, porque son muy ricos en especies y brindan valiosos servicios ambientales. Por citar sólo algunos, diremos que purifican y mejoran la calidad del agua, ayudan a evitar inundaciones porque sirven de barrera para mitigar los efectos de eventos meteorológicos extremos (como los huracanes) y capturan una importante cantidad de carbono atmosférico (ayudando a reducir la concentración de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático). Además, son fuente importante de nutrimentos para ecosistemas costeros como los arrecifes de coral y los pastos marinos y constituyen el hábitat de un gran número de especies de valor comercial para el hombre (como camarones y peces) y de aves residentes y migratorias.

El Informe sobre Manglares del Mundo, elaborado por la FAO, reporta que en el año 2000 había unas 15.2 millones de hectáreas de este ecosistema en el mundo, siendo Indonesia, Australia, Brasil, Nigeria y México los países que concentraban casi la mitad de esta superficie. Desafortunadamente, se calcula que la superficie de estos ecosistemas está desapareciendo a un ritmo de entre 1 y 2% anual. En nuestro país, la Conabio indica que de acuerdo con el Inventario Nacional de Manglares publicado en 2009, la superficie estimada de manglares es de unas 770 000 hectáreas, la mayor parte (55%) en la península de Yucatán (principalmente en Campeche) y 24.5% en la región del Pacífico Norte, principalmente en las Marismas Nacionales en los estados de Nayarit y Sinaloa (Figura a). Se desconoce cuál era la extensión original de manglares que existían en nuestro país, pero se calcula que podría haber alcanzado los 1.4 millones de hectáreas, lo que significaría que quizá ya hemos perdido cerca de la mitad de estos ecosistemas.

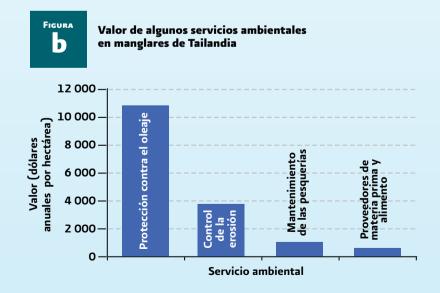


Importancia de los manglares

En el mundo, los manglares también han sufrido el impacto humano: algunos cálculos estiman que la mitad se han perdido y una buena porción de los que restan se encuentran deteriorados. El principal factor que ha motivado su destrucción es el desarrollo de las actividades económicas que se dan en las costas; muchos desarrollos turísticos y urbanos actuales así como granjas camaronícolas están sobre lo que antes fueron manglares.

Otro agente de deterioro importante es la construcción de presas y obras de riego en las cuencas de los ríos que los alimentan de agua dulce, las cuales modifican la cantidad y calidad del agua (particularmente la concentración de sales) que llega a los manglares. Como los mangles son muy sensibles a cambios en la concentración de sales disueltas, cuando se hacen obras que alteran de manera importante los flujos naturales de agua, pueden verse muy afectados o morir. La descarga de aguas residuales también los daña porque altera la calidad del agua con la que están en contacto. Por si fuera poco, ahora también enfrentan la amenaza del cambio climático: la elevación del nivel del mar podría dañar irreversiblemente a los humedales costeros, cambiando su composición de especies y reduciendo su productividad.

Si la pérdida de la riqueza biológica de estos ecosistemas nos debe preocupar, debemos agregar también el valor económico de los servicios ambientales que brindan. Para darte una idea, en el 2007 se publicó un estudio con las estimaciones del valor que podrían alcanzar algunos servicios ambientales que brindan los manglares en Tailandia (Figura b), resaltando la protección contra el oleaje, cuyo valor estimado alcanzó más de 10 000 dólares por hectárea cada año.



Un buen ejemplo del valor que pueden tener los manglares (o el costo de perderlos) es lo que ocurrió en diciembre de 2004 con el tsunami¹ en Asia. Las olas devastaron el sudeste asiático, principalmente en Indonesia, Malasia, Sri Lanka, Tailandia y las Maldivas. Las cifras oficiales reportaron más de 250 000 muertos, 100 000 desaparecidos y 5 millones de desplazados que perdieron sus casas y bienes. Se calcula que el costo económico en Aceh, la provincia más afectada en Indonesia, alcanzó los 4.4 mil millones de dólares (97% de su Producto Interno Bruto, es decir casi la totalidad del valor de su economía). En la Figura c te mostramos los efectos que tuvo el tsunami en una zona de la provincia de Aceh.



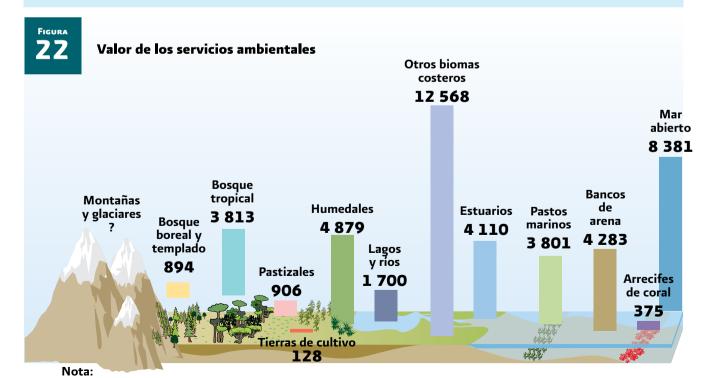
Importancia de los manglares

Estudios recientes sobre los efectos de este tsunami sugieren que algunas áreas fueron protegidas por la presencia de los manglares, por lo que es posible que los daños en las zonas costeras hubieran sido menores si sus ecosistemas naturales hubieran estado más conservados y en mejor estado. 🎔

Vista áerea en Aceh, Indonesia, antes y después del tsunami de 2004







Los valores corresponden al valor mundial en miles de millones de dólares anuales. Para montañas y glaciares no se hizo el cálculo.

Qué amenaza a la biodiversidad?

¿Qué amenaza a la biodiversidad?

Nuestra huella en el mundo

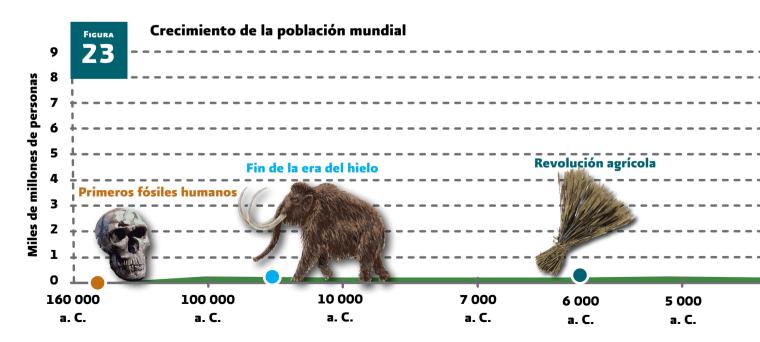
Desde la aparición del hombre en el planeta hasta la llegada de Cristóbal Colón al continente americano, la población mundial no rebasó los 500 millones de habitantes, de tal modo que su impacto sobre el ambiente se mantuvo relativamente bajo y concentrado en algunas zonas urbanas y en las tierras agrícolas. Al inicio de la Revolución Industrial, dos siglos y medio después, la población mundial estaba cerca de los 800 millones y al principio del siglo XX alcanzaba los 1 600 millones de personas. Para comienzos del siglo XXI éramos poco más de 6 000 millones v de acuerdo con las estimaciones del Fondo Mundial de Población de las Naciones Unidas se espera que para mediados de este siglo seamos ¡9 300 millones de personas! (Figura 23).

Te imaginarás que con este incremento de la población humana creció también la demanda de espacios habitacionales, obras de infraestructura, productos de consumo y, por supuesto, de alimentos. Así que para satisfacer todo esto se recurrió a la transformación de los ecosistemas

naturales, a la utilización de los terrenos para diversas actividades productivas y a una intensa explotación de muchísimos recursos.

En general, la relación de la humanidad con su ambiente se ha caracterizado por una visión de la naturaleza como proveedora de bienes y servicios que se utilizan incluso hasta el nivel de extinción (o agotamiento), con la confianza o esperanza de que habrá por ahí un "sustituto", otra especie u otro ecosistema, para seguir utilizándolo hasta que se acabe y así sucesivamente.

Esta relación del hombre con la naturaleza no es reciente. Se tienen indicios de que los primeros humanos contribuyeron a la extinción de los famosos mamuts y tigres dientes de sable al final del Cuaternario. Asimismo, importantes culturas antiguas como la china, mesopotámica, maya y teotihuacana, por sólo mencionar algunas, transformaron profundamente sus ecosistemas. Incluso, en algunos casos se piensa que la degradación ambiental que provocaron fue una de las causas de su desaparición, como les sucedió a los habitantes de la isla de Pascua, en el Pacífico chileno; famosos por haber esculpido y levantado cientos de estatuas gigantes de piedra volcánica en sitios ahora desprovistos de vegetación.



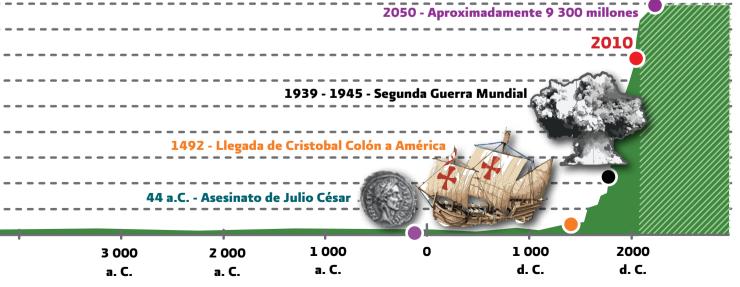
Para darte una mejor idea de lo voraz que es la humanidad podemos comparar cuánto consumimos con respecto a los demás animales. Antes de hacer las cuentas supongamos que el consumo de recursos naturales de una especie animal (incluida, la nuestra) debería estar acorde a su presencia en el planeta, esto es, las especies con más individuos y de mayor tamaño deberían consumir una mayor cantidad de recursos comparadas con las especies con pocos individuos y de menor tamaño. Una forma de medir esta presencia es utilizar el peso de todos los organismos que integran una especie.

De esta manera, si pesáramos a los casi siete mil millones de humanos que habitamos la Tierra actualmente, apenas representaríamos cerca del 1% del peso de todos los animales heterótrofos7. Esto querría decir que nos correspondería un porcentaje similar de todos los productos elaborados por las plantas por medio de la fotosíntesis y que están disponibles para ser consumidos por todos los animales del planeta (estos productos son llamados técnicamente productividad primaria neta). Sin embargo, nuestro apetito no tiene comparación, pues los humanos consumimos una cantidad desproporcionadamente mayor, la cual se estima entre una cuarta y una tercera parte de la producción primaria neta de los ecosistemas

terrestres del planeta. Si esto ya es para llamar tu atención, el apetito humano no se detiene ahí, también se ha calculado que de la productividad marina extraemos alrededor del 35% (principalmente a través de la pesca) y de la productividad de los ríos y lagos cerca del 60%.

Otra manera en que podemos estimar la magnitud del impacto que ha tenido nuestro paso por el mundo es a través de la huella que hemos dejado en los ecosistemas. Ésta puede expresarse de varias formas: desde la transformación completa de los ecosistemas para otros usos (como cuando se destruyen los bosques para dedicarlos a la agricultura); en forma de su alteración o degradación parcial (como la que causa la ganadería extensiva que deja a los animales libres para que se alimenten de la vegetación natural), o bien, como la presencia permanente u ocasional de basura o contaminantes en el aire, suelo o agua, entre otras manifestaciones.

Algunos investigadores se han dado a la tarea de cuantificar e identificar la influencia o el impacto humano en el planeta y sus resultados los puedes ver en la Figura 24. Lo primero que resalta es que nuestra huella es muy grande y está muy extendida. Según algunas estimaciones, el 83% de la superficie terrestre y prácticamente todos los ecosistemas marinos tienen signos del impacto humano y, en algunos sitios, son muy intensos.

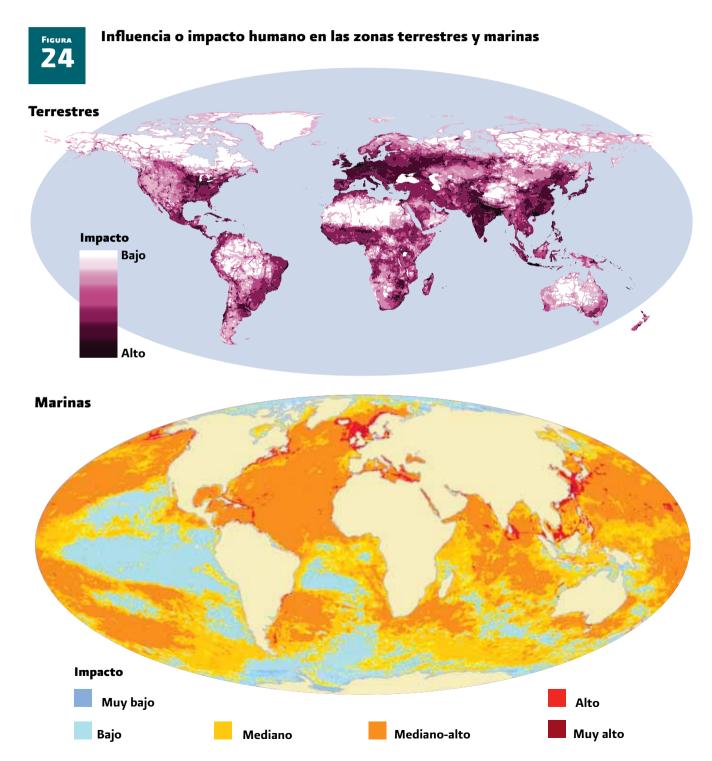


⁷ Los heterótrofos son organismos incapaces de elaborar sus propios alimentos; los obtienen a través del consumo de otros organismos.

Las actividades por las cuales hemos llegado a semejante situación se han convertido en los dos últimos siglos en graves amenazas para la biodiversidad. En las siguientes páginas encontrarás información sobre las que se consideran actualmente las más importantes, y que van desde la pérdida y transformación de los ecosistemas hasta el cambio climático.

PÉRDIDA Y FRAGMENTACIÓN DE HÁBITATS

Para satisfacer las necesidades de la creciente población mundial, se ha recurrido a transformar los ecosistemas naturales. Esto se ha hecho por medio del llamado cambio de uso del suelo, que se define como el proceso por el cual se cambia el



uso que se da a una superficie determinada y su cubierta vegetal a otro distinto.

Existen muchos ejemplos de cambio de uso del suelo. En las zonas costeras, los sitios ocupados por manglares son frecuentemente transformados para dedicarlos a desarrollos urbanos y centros turísticos, zonas agrícolas o para la construcción de estanques para el cultivo de camarón, lo que trae consigo efectos sobre la biodiversidad. Recordemos que los manglares son el hábitat de una gran cantidad de peces y moluscos (algunos de los cuales se explotan comercialmente), además de que brindan protección contra los huracanes a la población asentada en las zonas costeras. Así que, al cambiar el uso del suelo se pierden o disminuyen considerablemente éstos y otros servicios ambientales que obtenemos de ellos. La construcción de carreteras, muelles y presas, la apertura de minas y canteras, así como la agricultura y la ganadería también son ejemplos de actividades que propician el cambio de uso del suelo (Figura 25).

Sin restarle importancia al impacto que tienen en la biodiversidad las actividades antes mencionadas, nos detendremos en un tipo de cambio de uso del suelo que seguramente has escuchado en más de una ocasión: la deforestación. Sus consecuencias son tan importantes y devastadoras que está catalogada como la principal amenaza para los ecosistemas, para las especies que viven en ellos (incluyéndonos a los seres humanos) y para la continuidad de los servicios ambientales.

La deforestación es la eliminación de la vegetación natural de algún ecosistema con árboles (como son los bosques y las selvas) con el fin de utilizar el terreno en actividades agrícolas, ganaderas o urbanas o derivada de la tala ilegal, lo que impide su recuperación. La producción de alimentos, ya sea para consumo humano o para ganado, es el principal motivo para deforestar

Actividades que propician el cambio de uso del suelo









los ecosistemas boscosos. Si observas la Figura 26, verás cómo la superficie agrícola y ganadera creció significativamente en el mundo desde inicios del siglo XVIII hasta el año 2000. A esta presión para producir alimentos se debe sumar la superficie deforestada específicamente para sostener grandes extensiones de monocultivos, es decir, cultivos de una sola especie o variedad (por ejemplo, de caña de azúcar, palma de aceite y soya) destinados, en parte, a la producción de biocombustibles (como el biodiesel y el etanol), los cuales han tomado gran importancia a nivel mundial como una alternativa al uso de los combustibles fósiles. Además de los efectos ambientales negativos ocasionados por la eliminación de la cubierta vegetal, la homogeneidad del paisaje que caracteriza a este tipo de agricultura tiene también consecuencias en la biodiversidad; de algunas de ellas te hablaremos en el Recuadro Monocultivos: agroecosistemas pobres en biodiversidad.

¿De qué magnitud es la deforestación mundial que nos tiene tan preocupados? Antes de mencionar algunos datos, es necesario aclarar que debido a que su cuantificación no es una tarea sencilla, es posible encontrar cifras distintas por la utilización de diferentes métodos y criterios para su cálculo. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) es una de las instituciones más reconocidas por su experiencia en este tema y publica periódicamente la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, donde se incluyen las estimaciones oficiales de la deforestación. Según su último reporte para el periodo 2000-2010, a nivel mundial se perdieron cada año

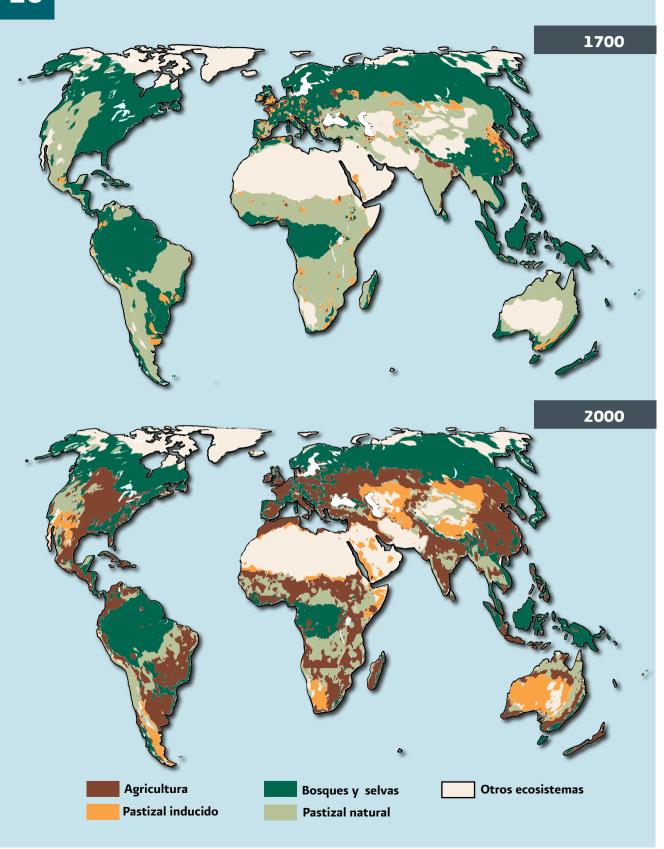
aproximadamente 13 millones de hectáreas de selvas, bosques y otros ecosistemas arbolados (lo que equivale a la superficie de un país como Nicaragua), en tanto que se recuperaron poco más de 5 millones de hectáreas en forma de acahuales⁸, zonas reforestadas y plantaciones forestales.

Brasil tiene el primer lugar dentro de los países con mayor pérdida de vegetación arbolada en el mundo (alrededor de 2.6 millones de hectáreas al año), aunque ha registrado una disminución significativa en su tasa de deforestación en los últimos años (Figura 27). Para México, la estimación más reciente durante el periodo 2005-2010 es de alrededor de 155 000 hectáreas por año, una cantidad que, aunque es menor a la reportada para el periodo 2000-2005 (cerca de 235 000 hectáreas), continúa siendo importante, ya que equivale aproximadamente a una y media veces la superficie del Distrito Federal.

La deforestación amenaza a la biodiversidad por muchas vías. Los daños comienzan con la destrucción o degradación de los hábitats, ya que para poder utilizar el terreno en otras actividades, es necesario eliminar la vegetación original cortando y retirando los árboles grandes, y muchas veces, quemando los restos que quedan en el suelo. De esta manera, a los organismos que pierden sus hábitats se les dificulta el acceso al alimento y refugio, la búsqueda de parejas, e incluso pueden morir durante el proceso de retiro y quema de la vegetación. Todo esto repercute en el número y la diversidad de especies del ecosistema. En Bolivia, por ejemplo, se encontró que en un bosque sin perturbaciones había 70% más especies de mamíferos pequeños que en zonas donde el bosque era explotado para extraer madera o se quemaba la vegetación para limpiar el terreno y usarlo con fines agropecuarios.



Superficie agrícola y ganadera en el mundo



RECUADRO

Monocultivos: agroecosistemas pobres en biodiversidad



Los monocultivos son plantaciones dominadas por una sola especie.

Al caminar por una selva, un desierto o un manglar notarás que hay muchas especies de plantas y animales. Algunas serán el alimento o el hábitat de otras, otras más contribuirán a la degradación de la materia orgánica o serán, incluso, parásitas; pero todas ellas, en conjunto, forman una red de intrincadas y múltiples relaciones que sostienen el funcionamiento del ecosistema. Ahora imagina un sitio dominado por una sola especie de planta. A primera vista podría parecer agradable por la uniformidad del paisaje, pero si lo vemos en términos biológicos es un lugar muy pobre, alejado de la riqueza de los ecosistemas naturales y de la complejidad de las interacciones que surgen de la presencia de muchas especies.

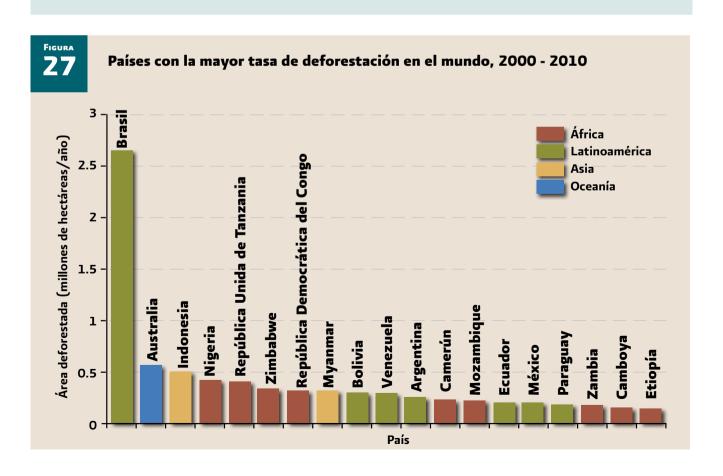
El paisaje imaginario del párrafo anterior en realidad existe, y se refiere a los campos de cultivo llamados genéricamente monocultivos, debido a que en ellos se siembra una sola especie vegetal. Los monocultivos pueden ser plantaciones de árboles (de pino o eucalipto, por ejemplo) que se usan para producir madera y celulosa, o cultivos de maíz, soya, caña de azúcar o palma de aceite, a partir de los cuales se produce alimento para nosotros, para el ganado o biocombustibles. Aunque los monocultivos ofrecen la ventaja de producir con mayor facilidad una gran cantidad de productos para nuestro consumo, tienen también un fuerte impacto sobre la biodiversidad.

El cambio en el uso del suelo promueve la desaparición de grandes superficies de ecosistemas naturales, con lo cual se pierden numerosos hábitats, y con ello, la riqueza de especies de los sitios afectados puede reducirse significativamente. Para tener una idea de la magnitud de la pérdida de ecosistemas por los monocultivos, te diremos que los grandes bosques tropicales de la isla de Borneo han perdido entre 50 y 70% de su cobertura original, en buena medida, para plantar exclusivamente palma de aceite. Aunque algunas especies de animales pueden sobrevivir en estos nuevos ambientes, según algunos estudios, estas plantaciones albergan menos del 20% de la biodiversidad que había en el bosque original.

Monocultivos: agroecosistemas pobres en biodiversidad

Los monocultivos requieren el uso de plaguicidas químicos, puesto que suelen ser más vulnerables a plagas y enfermedades. Estos compuestos afectan a una gran variedad de organismos benéficos como los polinizadores, las bacterias y los invertebrados del suelo. A los plaguicidas hay que sumarles las grandes cantidades de fertilizantes químicos que frecuentemente se utilizan para promover el crecimiento rápido de las plantas. Cuando llueve, ambos tipos de químicos pueden contaminar el agua al infiltrarse hasta los acuíferos o bien ser arrastrados a los ríos, lagos y mares.

Por si todo lo anterior no fuera suficiente, el gran crecimiento de los monocultivos a nivel mundial está presionando a los cuerpos de agua al incrementar la extracción del líquido para regar las plantaciones. Esto incide negativamente en la disponibilidad de agua, tanto para las personas que habitan las zonas aledañas, como para el resto de los organismos que naturalmente viven en ellos o los utilizan. Así que, si alguna vez te encuentras con un paisaje dominado por una sola especie, recuerda que es posible que antes haya habido ahí un ecosistema natural rico en biodiversidad nada parecido a lo que estás observando.



El cambio de uso del suelo no se restringe a las zonas arboladas, ya que también se presenta en humedales, pastizales o vegetación de zonas áridas. Por ejemplo, los pastizales naturales que se encuentran en las partes altas de las montañas se transforman en zonas de alimentación de vacas, cabras y borregos, los cuales, muchas veces consumen completamente las matas de pasto, impidiendo su regeneración. También es común que se quemen para utilizar los terrenos en actividades agrícolas. Esto es lo que sucede, por ejemplo, en muchos de los pastizales naturales del centro de nuestro país, que se han eliminado para cultivar papa y avena, principalmente, o para utilizarlos con fines ganaderos. Esta pérdida de pastizales, además de sus efectos sobre las plantas, pone en riesgo la supervivencia de especies endémicas como el conejo de los volcanes o zacatuche (Romerolaqus diazi) y el gorrión serrano (Xenospiza baileyi), entre muchas otras.

En los ecosistemas acuáticos continentales también procesos equivalentes transformación de los ecosistemas. Muchos lagos y ríos se han desecado completamente para construir zonas habitacionales, carreteras y otras obras de infraestructura o destinarlos a actividades agrícolas y ganaderas. En México tenemos muchos ejemplos. Cuando Hernán Cortés y sus tropas llegaron a la gran Tenochtitlán quedaron maravillados con los lagos de Texcoco, Chalco y Xochimilco que rodeaban a la ciudad y de los ríos y canales que los comunicaban. Al paso del tiempo, una gran superficie de ellos fue desecada: en Texcoco, por ejemplo, se realizó un intenso programa para utilizar sus terrenos como zonas agrícolas; sin embargo, el daño ambiental fue en vano, pues la enorme cantidad de sal que quedó en el suelo impidió su uso debido a que muy pocas especies de plantas la toleraron.

Además de la pérdida directa de hábitats y de especies, el cambio de uso del suelo rompe la continuidad natural de los ecosistemas, dejando fragmentos de diferentes tamaños, separados unos de otros por carreteras, zonas agrícolas, ganaderas o asentamientos humanos. A este proceso se le conoce como fragmentación de los ecosistemas (Figura 28).

En el caso de los animales, cuando los fragmentos remanentes del ecosistema son demasiado pequeños, puede suceder que el alimento no sea suficiente para que sobrevivan, tengan dificultad para encontrar pareja o se vean obligados a reproducirse entre parientes cercanos, lo cual reduce su diversidad genética. Para las plantas, debido a que una gran cantidad de ellas depende de animales para la polinización de sus flores o para la dispersión de sus semillas, la ausencia o reducción del número de animales que les brindan estos servicios dificulta su reproducción en los fragmentos. En general, se ha encontrado que mientras más pequeños son los fragmentos, más se reduce el número de especies que pueden sobrevivir en ellos.

Por otro lado, si la distancia que separa dos fragmentos es muy grande, se dificulta el movimiento de los animales entre ellos. Hay muchas especies (como pequeños mamíferos, primates y anfibios) que se desplazan sólo por las ramas de los árboles, debido a que su refugio y alimento lo obtienen en ellas. En caso de requerir desplazarse a otros fragmentos necesitarán moverse por las zonas deforestadas para alcanzarlos, lo cual los pone en riesgo de que los depredadores (incluyendo al ser humano) los vean fácilmente.

En nuestro país, en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, se estima que cerca del 80% de su vegetación original se ha perdido; la restante permanece en su mayoría en fragmentos aislados



de diferente tamaño y sólo una pequeña parte se distribuye de manera continua y conservada, debido principalmente a que se localiza en las zonas altas de las montañas. Esta pérdida y fragmentación del hábitat ya ha cobrado sus facturas a la biodiversidad. En un estudio realizado en 126 fragmentos de esta selva, se encontró que el mono aullador pardo o saraguato (Alouatta palliata, Figura 29) estaba presente en sólo 60% de ellos, y que su población original se había reducido en aproximadamente 84%. Los monos aulladores se desplazan entre las copas de los árboles, por lo que en condiciones normales no necesitan bajar al suelo; sin embargo, debido a la fragmentación, ahora necesitan transitar por las plantaciones de cacao y café que rodean a los fragmentos en busca de árboles, arriesgándose a la captura por los humanos o al ataque de perros y aves rapaces. Tal afectación es importante pues esta especie se encuentra en riesgo de extinción.

Otra consecuencia de la fragmentación es que en los bordes de los fragmentos de bosques las

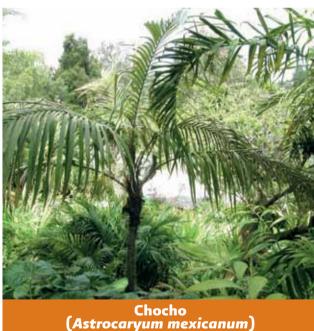
condiciones ambientales son diferentes a las que se pueden observar al interior de ellos. Por ejemplo, en los bordes la exposición al sol y al viento es mayor que en las zonas interiores. Si los organismos de las especies que quedan en los bordes son muy sensibles a estos factores podrían morir al no resistir las nuevas condiciones de temperatura y humedad, lo que facilita que sean sustituidas por especies tolerantes a la insolación, baja humedad y acción de los vientos. En Los Tuxtlas, varios estudios han coincidido en que especies que son muy abundantes en zonas conservadas de la selva, como las palmas conocidas como chocho (Astrocaryum mexicanum, Figura 29) y camedora o tepejilote (Chamaedorea tepejilote) disminuyen considerablemente su número en los fragmentos de selva.

En una región de la Amazonía brasileña, los fragmentos de bosque de menos de un kilómetro cuadrado perdieron la mitad de sus especies de aves en menos de 15 años.

FIGURA 29

Tanto los animales como las plantas sufren las consecuencias de la fragmentación





A este proceso por el cual las especies que habitan las orillas de los bordes pueden resultar dañadas se le llama efecto de borde. Según estudios realizados en la selva amazónica, sus consecuencias se resienten mayormente en los primeros 100 metros del borde del fragmento.

De esta manera, si el fragmento de selva es muy pequeño, entonces el efecto de borde es mucho más intenso, porque afecta a una mayor proporción de su superficie. Este proceso que ocurre en los bordes de los fragmentos, aunque quizá no cambie el número de especies totales en los bosques (de hecho podría aumentarlo), sí afecta su estructura y funcionamiento, lo que con el tiempo afectará a las especies propias de los bosques y a sus valiosos servicios ambientales.

La fragmentación no es exclusiva de los ecosistemas terrestres. En los ríos de muchas partes del mundo la construcción y presencia de presas, bordos y otras obras de infraestructura, aunque indudablemente proporcionan enormes beneficios para la sociedad (como la generación de energía eléctrica o el almacenamiento de agua), tienen su lado negativo para la biodiversidad. Estas obras pueden desconectar a los ríos de sus zonas de captación de agua, destruyendo el hábitat de muchas especies, rompiendo el flujo natural y afectando la calidad del agua a la que los organismos están acostumbrados. Aunado a ello, también pueden afectar las rutas migratorias de ciertas especies (por ejemplo, de peces) y aislar sus poblaciones.

Estudios realizados en uno de los ríos más grandes del planeta, el Yangtsé de China, muestran que la construcción de la presa de Las Tres Gargantas (una de las construcciones humanas más grandes del mundo) y otras obras asociadas a ésta realizadas a principios de la década de los ochenta han afectado al menos a 40 especies de peces, entre las que se encuentran tres endémicas: el esturión chino (Acipenser sinensis), el esturión de río (Acipenser dabryanus) y el pez espátula chino (Psephurus gladius), así como a los mamíferos que viven en las riberas del río, como a los dugongos (parecidos al manatí de México) y a los delfines de río. En el caso del esturión chino, se ha observado que la presa detiene la migración

que los peces realizaban para desovar, por lo que han tenido que buscar nuevos sitios en un hábitat que se redujo de alrededor de 600 a tan sólo siete kilómetros. En el capítulo ¿Cuál es la situación de la biodiversidad? te mostramos el estado de fragmentación en el cual se encuentran las cuencas de los principales ríos en el mundo.

Sobreexplotación de especies

La pesca y la caza son actividades que han permitido satisfacer una gran parte de las necesidades humanas de alimentación, vestido y materias primas. Sin embargo, cuando las poblaciones animales se cazan o pescan a una intensidad mayor a su capacidad para recuperarse, se produce su sobreexplotación, la cual ha puesto en severo riesgo de extinción a muchas especies tanto acuáticas como terrestres.

Pesca

La pesca es una actividad dirigida principalmente a la captura de peces, crustáceos (como los camarones y las langostas) y moluscos (pulpos, calamares y ostras, por ejemplo) en el medio natural (mares, lagunas o ríos) o a través de su producción en la acuacultura. A partir de ella se obtiene una gran cantidad de alimentos para consumo humano, aunque también se emplean para producir aceite, harina o alimento para animales, entre otros productos. Según datos de la FAO, en el año 2007 los productos pesqueros contribuyeron con el 15.7% del suministro de proteína de origen animal que se consumió en el mundo; aunque en algunos países africanos este porcentaje fue mayor al 20%.

El volumen total de producción pesquera en el mundo, creció de 133.6 millones de toneladas en 2002 a 143.6 en 2006.

A pesar de la enorme importancia que tiene esta actividad, se incluye como una amenaza a la biodiversidad básicamente por la sobrepesca, la captura incidental (cuando se capturan otras especies que no son el objetivo de la pesca pero que quedan atrapadas en las redes) y por los métodos de pesca utilizados.

La sobrepesca se refiere básicamente a la captura excesiva que se hace de las poblaciones silvestres de peces y otras especies de interés comercial, de manera que se impide que se recuperen y puedan seguir explotándose. Esta práctica conlleva, al paso del tiempo, al agotamiento y la posible extinción de estos recursos en su medio natural. Parte de la explicación de la sobrepesca radica en el tamaño de las flotas pesqueras y en la sofisticación técnica de las embarcaciones. Para darte una idea de la presión que tienen sobre las especies pesqueras, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) considera que las flotas pesqueras son 2.5 veces más grandes de lo que las poblaciones de especies comerciales pueden soportar.

Actualmente, y como resultado de la sobrepesca, los recursos pesqueros han disminuido y con ello la cantidad de peces que extrae cada barco es menor, los ejemplares son de menor tamaño y peso (debido a que no se les da tiempo de crecer y reproducirse) y los pescadores deben navegar mayores distancias para encontrarlos, así como arrojar sus redes a mayor profundidad o bien emplear redes de mayor tamaño. En el capítulo ¿Cuál es la situación de la biodiversidad? te mostraremos los datos más recientes publicados por la FAO con respecto al estado de las pesquerías marinas mundiales.

En nuestro país existe un caso bien documentado del daño por sobreexplotación a una especie pesquera: la totoaba (Totoaba macdonaldi), un pez carnívoro endémico del Golfo de California.

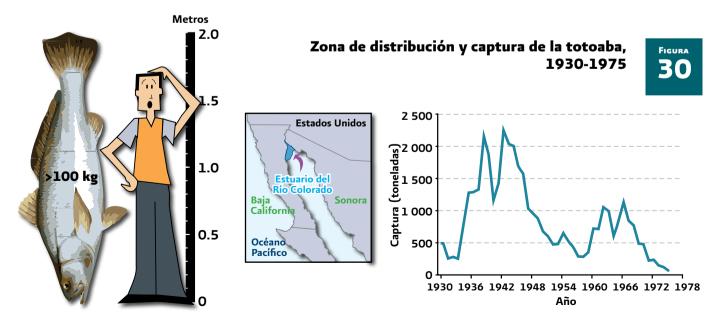
En edad adulta, puede alcanzar tallas de hasta dos metros y pesar más de 100 kilogramos, por lo que durante mucho tiempo su pesca comercial y deportiva fue una de las más importantes para México. Se tienen registros de que entre los años treinta y cuarenta del siglo pasado se llegaron a extraer más de 2 000 toneladas anualmente. Este volumen no permitía que los organismos crecieran y se reprodujeran, lo que llevó al inevitable declive de sus poblaciones. En 1958 se extrajeron 280 toneladas, y en 1975, tan sólo 58 (Figura 30). Esta situación obligó al gobierno mexicano a decretar diversas acciones encaminadas a su protección. Aunque actualmente la totoaba no puede ser capturada a menos que sea para fines de investigación o de propagación, no está libre de riesgos; debe escapar de otras amenazas como la pesca ilegal, la captura incidental en las redes camaroneras y la destrucción de su hábitat.

En muchos casos, las consecuencias de la sobreexplotación no se restringen a las especies que se capturan. En los ecosistemas, las especies interactúan unas con otras, de tal manera que lo que le pase a alguna puede afectar a las demás. Esto es particularmente importante cuando se

trata de las llamadas especies clave, que son aquellas que por su presencia y papel dentro de los ecosistemas tienen un efecto fundamental sobre los otros organismos que los habitan. Su desaparición o disminución produce un efecto en cascada en las demás especies tal y como se muestra en el *Recuadro Sobrepesca del tiburón martillo*.

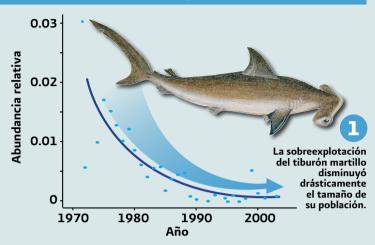
La pesca puede tener otros efectos negativos sobre la biodiversidad. Cuando los barcos echan sus redes al agua, desafortunadamente no capturan sólo a las especies que buscan, sino que también atrapan organismos de otras especies que no se consumen y por lo tanto no poseen valor comercial. A esto se le conoce como pesca incidental o de acompañamiento. Aunque los organismos capturados incidentalmente pueden regresarse al mar, muchas veces son devueltos heridos o muertos.

Algunas estimaciones señalan que a nivel mundial el peso de los individuos capturados por la pesca incidental podría oscilar entre los siete y los 27 millones de toneladas al año.

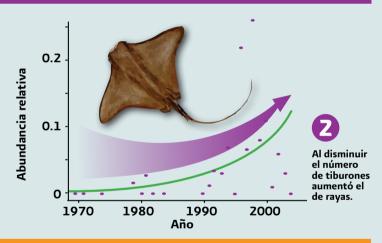


Sobrepesca del tiburón martillo

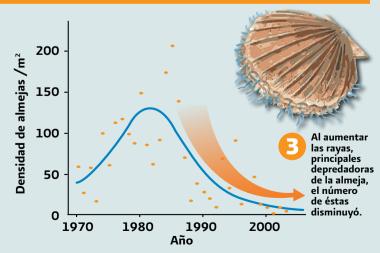
Tiburón martillo (Sphyrna lewini)



Raya gavilán (Rhinoptera bonasus)



Almeja abanico (Argopecten irradians)



En la costa norte del Atlántico, la sobreexplotación del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) ocasionó que su población se redujera en más de 90% entre 1972 y 2003. Aunque este hecho por sí mismo es preocupante, sus consecuencias afectaron al resto del ecosistema.

La disminución en el número de tiburones provocó que el tamaño de las poblaciones de sus presas creciera. Tal es el caso de la raya (Rhinoptera bonasus) gavilán cuyo crecimiento explosivo, a su vez, incrementó el consumo de almejas abanico (Argopecten irradians), su principal alimento, lo que hizo que disminuyera su abundancia. De este modo, el efecto en cascada que comenzó con la sobreexplotación del gran depredador marino alteró las relaciones que éste mantenía con otros organismos y llegó hasta los pescadores que explotaban las almejas para consumirlas o venderlas, y que ahora ya no pueden extraer la misma cantidad que cuando la población de tiburones controlaba a las rayas. 🖤

A la extracción del atún y del camarón se les atribuye una buena parte de la pesca incidental en los océanos. En ambas, los métodos e utilizados instrumentos para SU captura (llamados artes de pesca9) son en gran medida responsables del problema. En el caso del atún, las redes utilizadas todavía en muchas partes del mundo no permiten que otros organismos (como los delfines) salgan cuando quedan atrapados, lo que les ocasiona generalmente la muerte. Tan sólo entre 1990 y 2000, las redes atuneras en el Pacífico Noreste, capturaron entre uno y medio y dos millones de delfines moteados (Stenella attenuata) y junto con ellos, muchos otros peces pequeños e invertebrados.

En el caso de los camarones, éstos pasan la mayor parte de su vida adulta en el fondo marino, por lo que para pescarlos se emplean redes de arrastre, las cuales literalmente barren el fondo marino en su búsqueda. El problema con esta técnica es que atrapa a otras especies que comparten el hábitat de los camarones, como esponjas, corales y gusanos marinos, llegando incluso a atrapar tortugas y a una gran cantidad de peces

(Figura 31). Se calcula que por cada kilogramo de camarón que se captura, se pescan 10 kilogramos de fauna incidental.

Caza

El hombre se ha convertido en uno de los depredadores más eficientes del planeta debido a su capacidad para inventar y hacer uso de herramientas que le permiten cazar a gran cantidad de animales. En términos formales, la caza se define como la extracción de cualquier tipo de fauna (incluyendo huevos y plumas) del medio silvestre utilizando distintos métodos (por ejemplo, arcos y flechas, trampas, venenos o armas de fuego).

Al igual que con la pesca, los productos de la caza son un componente esencial en la dieta de muchas personas. En África proporciona entre 30 y 80%

Se calcula que para toda la cuenca del Amazonas, el valor de la carne de animales silvestres que se extrae anualmente supera los 175 millones de dólares.



⁹Ejemplos de artes de pesca son las redes, los palangres, los anzuelos e incluso, el uso de explosivos.

del consumo total de proteínas en los hogares rurales, mientras que en las selvas tropicales de América Latina cubre el requerimiento proteínico mínimo de casi 90% de las comunidades indígenas. Se estima que tan sólo en esta región hay entre 20 y 30 millones de personas que cazan para alimentarse.

El principal efecto de la caza es la reducción del tamaño de las poblaciones de las especies de interés. Esto puede ocasionar, entre otras consecuencias, la pérdida de una parte de la variabilidad genética de las poblaciones y, en casos donde la caza ha sido excesiva, provocar la reducción de su capacidad para recuperarse y conducirlas a la extinción. Existen casos documentados de cómo la caza indiscriminada ha provocado la extinción de distintas especies; te mostramos algunos ejemplos en el *Recuadro Especies que no volverán*.

Otras especies también podrían pagar las consecuencias de la cacería excesiva al agotarse las especies de interés. Por ejemplo, a seis años del establecimiento de una aldea dentro de la Amazonía ecuatoriana, la captura de las especies más cotizadas como el pecarí y el tapir, entre otras, se redujo significativamente por la caza excesiva, obligando a los habitantes a sustituirlas por otras que eran menos perseguidas, como el agutí, la ardilla, el armadillo, el caimán y el tucán.

No toda la cacería que se practica en el mundo tiene los mismos objetivos. Por ello se reconocen tres diferentes tipos. La de subsistencia, que se realiza específicamente para completar la dieta y para cubrir algunas otras necesidades del cazador y su familia (por ejemplo, vestido); la comercial, que tiene como objetivo la venta de los animales silvestres (vivos o muertos) y sus productos y, por último, la deportiva, que es básicamente una actividad recreativa, aunque algunos sectores de la sociedad se opongan a ella.

RECUADRO

Especies que no volverán

Existe una larga lista de especies que se extinguieron en los últimos siglos y que tienen un común denominador: la caza excesiva. He aquí sólo tres ejemplos para reflexionar al respecto.

En los tiempos del imperio Romano, el alca gigante o gran pingüino se distribuía ampliamente en las costas del océano Atlántico americano y europeo. Su incapacidad para volar y lo apetitoso de su carne y huevos la hicieron una presa muy buscada por los cazadores. A finales del siglo XVI ya había desaparecido de Europa y sólo permanecía en la parte norte de la costa de Estados Unidos. Paradójicamente ya estaba cerca de la extinción cuando el naturalista sueco Carl von Linneo, en 1758, la describió por primera vez llamándola *Alca impennis* (actualmente se llama *Pinguinus impennis*). Hacia 1800, la especie ya se había extinguido en Norteamérica y su distribución se restringía a Islandia, donde habitaba una colonia muy numerosa. La rareza de esta ave despertó el interés de los coleccionistas europeos que pagaron grandes cantidades de dinero por hacerse de una piel o un ejemplar disecado. Finalmente, en junio de 1844, las dos últimas alcas fueron cazadas en la isla de Eldey, al suroeste de Islandia.

Especies que no volverán

El segundo ejemplo de la extinción por la cacería excesiva es la llamada vaca marina de Steller o manatí gigante (*Hydrodamalis gigas*). Este animal vivía en aguas frías del Pacífico norte, alcanzaba 8 metros de largo y llegaba a pesar 10 toneladas. Los primeros reportes de la existencia de este manatí provienen de una expedición rusa en 1741. Desde ese momento se convirtió en una presa muy codiciada por los marineros, que lo cazaron indiscriminadamente para aprovechar su carne, grasa y piel, hasta llevarlo a su extinción, que según registros ocurrió en 1768: ¡apenas 27 años después de ser descubierto! Aunque se tuvieron noticias de probables avistamientos en los años posteriores en las islas del Comandante, cerca de la península de Kamchatka en el mar de Bering, su existencia después de 1768 no ha podido ser probada.

La paloma migratoria (*Ectopistes migratorius*) es nuestro último ejemplo. A pesar de haber sido el ave más abundante en el mundo durante el siglo XIX, ahora se encuentra extinta. Su distribución original abarcaba la región este y central de Estados Unidos y Canadá, llegando ocasionalmente a México y Cuba. Debido a que era relativamente fácil de capturar, se cazó intensamente por su carne, lo que provocó una marcada reducción de sus poblaciones. Esta presión se combinó con la presencia de diversas enfermedades y con la escasez de su alimento favorito: bellotas. La última paloma migratoria silvestre de la que se tiene noticia se ubicó en Ohio, Estados Unidos, en 1900. Desde entonces no se pudo probar ningún avistamiento en libertad. Al último ejemplar que se conoció se le nombró "Martha" y se mantuvo en cautiverio en el zoológico de Cincinnati hasta el año de 1914, cuando murió de vejez.



La caza comercial es el modo de aprovechamiento de la fauna silvestre más destructivo cuando no se regula adecuadamente. La necesidad de obtener ingresos económicos y bienes de consumo orilla a muchas personas a extraer una gran cantidad de animales de sus hábitats naturales. En Colombia, por ejemplo, tan sólo entre 1950 y 1980, se extrajeron cerca de 12 millones de pieles de cocodrilo, además de otras especies de pieles atractivas o valiosas como las del jaguar, ocelote, pecarí y venado corzuela colorado.

La cacería deportiva o cinegética es una actividad que se realiza en muchas partes del mundo, incluido México. Aunque en muchos casos ha sido útil para disminuir la presión de la cacería furtiva y ofrecer una alternativa de empleo e ingresos a la población rural, cuando no se hace de manera adecuada puede tener consecuencias negativas en la biodiversidad (ver *Recuadro Defaunación: una amenaza silenciosa*). Por ejemplo, en algunos ranchos cinegéticos africanos, para incrementar el número y variedad de las presas de caza, se liberan especies exóticas que compiten con las especies nativas, desplazándolas. También es frecuente que en los terrenos destinados para

estos fines se promuevan altas densidades de animales para favorecer la caza, lo que puede ocasionar no sólo la sobreexplotación de los recursos sino también la degradación de los ecosistemas. Una alternativa para las personas que no les atrae la idea de cazar pero les gusta observar de cerca a los animales en su ambiente, son los safaris ecoturísticos, en los cuales está estrictamente prohibido dispararles y su objetivo es observarlos, fotografiarlos y escucharlos en su medio natural (Figura 32).

Otras especies también son perseguidas por el daño, real o potencial, que pueden causar a los animales domésticos y a los habitantes de las comunidades rurales. Como ejemplo de estos casos están las águilas, halcones, cocodrilos, pumas, ocelotes, jaguares, coatíes y el lobo gris mexicano, entre otros. El caso del lobo mexicano es muy ilustrativo porque su cacería fue tan "exitosa" durante la década de los cincuenta del siglo pasado, que para los años setenta ya había sido erradicado de su zona de distribución natural (Figura 33). En 1976 fue incorporado a la lista de Especies en Peligro de Extinción de los Estados



Defaunación: una amenaza silenciosa

Muchas veces, cuando pensamos en la degradación de los bosques y selvas creemos conocer sus síntomas: árboles enfermos, muertos o talados, suelos erosionados y basura. Sin embargo, también existen otros procesos asociados al deterioro que no son muy visibles pero pueden tener consecuencias muy importantes para los ecosistemas a mediano o largo plazo: uno de ellos es la llamada defaunación.

La defaunación se puede definir como la desaparición de animales de talla grande en un ecosistema. Las razones por las cuales los animales pueden extinguirse localmente o disminuir su abundancia son la caza, el tráfico ilegal de especies y la degradación y fragmentación del hábitat. En las selvas tropicales se ha encontrado, por ejemplo, que la desaparición de animales como tapires, pecaríes, monos y venados, entre muchos otros, trae consigo alteraciones importantes en la vegetación. Estudios en selvas mexicanas y latinoamericanas han encontrado que las especies de plantas más afectadas por la defaunación son las que necesitan que sus semillas sean dispersadas por animales para alcanzar sitios adecuados para germinar y las que requieren que sus semillas pasen por el tracto digestivo de los animales para poder germinar. La desaparición de herbívoros y depredadores de semillas también ocasiona cambios muy importantes en la comunidad de plántulas del piso del bosque: en una selva bien conservada su abundancia es mucho menor que en una selva sin herbívoros. Estos daños, a largo plazo, pueden afectar no sólo la estructura sino también la función del bosque y, en consecuencia, sus valiosos servicios ambientales.

En años recientes se ha puesto mucha atención a la defaunación por su relación con la cacería, ya sea para subsistencia o comercio. Ahora se reconoce que para pretender una cacería sustentable no sólo se requiere que los animales objetivo no se extingan, sino que su función en el ecosistema (dispersor, herbívoro, polinizador o depredador) se mantenga.





Unidos; en México la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 lo ubica en la categoría de especie probablemente extinta en el medio silvestre. Actualmente sólo sobreviven unos 300 ejemplares resguardados en cautiverio tanto en Estados Unidos como en nuestro país, formando parte de un programa de conservación de la especie.

Tráfico ilegal de especies

En los mercados, carreteras o incluso en la mismas calles de nuestras ciudades es frecuente la venta de animales (por ejemplo, loros, lechuzas y tortugas) y plantas que muy probablemente no provienen de criaderos o invernaderos, sino que fueron extraídos de sus hábitats naturales en distintas regiones del país e incluso de otras partes del mundo.

Esta actividad, por la cual se obtienen beneficios económicos a partir de la colecta, transporte y venta de plantas y animales silvestres (dentro o fuera del país), sin los permisos correspondientes,

es lo que se denomina tráfico ilegal. El tráfico no sólo incluye a los ejemplares completos, sino también sus partes (por ejemplo, flores, madera o la piel de algunos animales), productos elaborados (como artesanías, abrigos, carteras y zapatos de piel) e incluso sustancias que son usadas, por ejemplo, en la medicina tradicional. El tráfico ilegal es un negocio muy lucrativo a nivel mundial; un cálculo lo ubica entre los 10 000 y 20 000 millones de dólares al año, tan sólo por debajo del tráfico de armas y drogas.

¿Cuáles son sus efectos sobre la biodiversidad? Aunque se sabe que cientos de especies se trafican de manera ilegal en el mundo, el efecto preciso sobre sus poblaciones ha sido poco documentado y no bien cuantificado. Sin embargo, se pueden reconocer diversos impactos. Primeramente, el tráfico ilegal disminuye el tamaño de las poblaciones de las especies afectadas por la extracción de individuos o partes de ellos de sus poblaciones naturales. Por ejemplo, durante los años setenta y ochenta del siglo pasado, se calcula que se cazaron de manera ilegal alrededor

de 700 000 elefantes africanos para quitarles sus colmillos y venderlos en el mercado negro del marfil, lo que representó una disminución de aproximadamente 60% de su población; en Uganda, esta disminución llegó al 90%. En el caso de los tigres de Sumatra, en el sureste asiático, entre 1998 y 2002, se cazaron de manera ilegal aproximadamente 50 individuos por año, principalmente para satisfacer la demanda del mercado asiático de pieles y huesos. En el *Recuadro Tráfico ilegal de la flora y fauna mexicanas: cactáceas, orquídeas y pericos*, te platicamos lo que les pasa a algunos grupos de la biodiversidad nacional.

El tráfico ilegal también puede contribuir a la pérdida y degradación de los hábitats de los cuales se extraen las especies de interés, afectando a otras especies que no son el objetivo original. Por ejemplo, la tala ilegal del árbol ramín (Gonystylus sp.) en los bosques de Malasia, Indonesia y Singapur, cuya madera se vende en el mercado negro para fabricar, entre otros objetos, molduras, pisos y tacos de billar, destruye los hábitats del tigre y del orangután de Sumatra. En México tenemos un ejemplo similar: la tala ilegal de los bosques de oyamel ubicados en las serranías del estado de México y Michoacán afecta el hábitat de las mariposas monarca (Danaus plexippus), poniendo en riesgo el fenómeno migratorio, único en el mundo, que realizan estos insectos anualmente.

Una parte importante del tráfico ilegal se realiza con organismos vivos que tienen alguna aplicación supuestamente medicinal. En China, por ejemplo, el oso negro asiático u oso de collar (*Ursus thibetanus*) es apreciado por las supuestas propiedades medicinales atribuidas a su jugo biliar. Se estima que su explotación ilegal, combinada con la pérdida de su hábitat han llevado a una disminución de entre 30 y 49% de su población mundial en los últimos 30 años.

Las plantas medicinales tampoco se salvan. A pesar de que hay cultivos comerciales de ginseng (*Panax* spp.), una especie ampliamente utilizada como estimulante del sistema nervioso, su colecta ilegal es muy amplia debido a que se cree que las plantas silvestres tienen mayor poder curativo (Figura 34).

La bioprospección es la búsqueda en la naturaleza de recursos genéticos o bioquímicos útiles para desarrollar productos con valor económico, como por ejemplo, antibióticos, relajantes musculares o antiparasitarios. Esta actividad puede transformarse en una amenaza para la biodiversidad cuando los recursos biológicos de interés se trafican de manera ilegal o se sobreexplotan. No obstante, también puede afectar a las comunidades humanas donde se encuentran naturalmente dichos recursos si no se comparten con ellas los beneficios económicos derivados de su comercio o si éste se realiza sin su consentimiento, convirtiéndose en lo que se conoce como biopiratería.

ESPECIES INVASORAS

El movimiento de las especies es un fenómeno natural que realizan los organismos en la búsqueda de sitios adecuados para alimentarse, aparearse, criar a los nuevos miembros de su población o simplemente para evitar los duros inviernos y gozar de sitios más cálidos. Este desplazamiento puede involucrar distancias cortas, pero también recorridos de cientos o miles de kilómetros, como en el caso de las mariposas monarca, cuyo viaje desde Canadá hasta el centro de México es de aproximadamente 4 000 kilómetros.

En otras ocasiones las plantas y los animales son transportados fuera de su área de distribución por eventos naturales como huracanes, inundaciones y corrientes de agua. Por la actividad humana, RECUADRO

Tráfico ilegal de la flora y fauna mexicanas: cactáceas, orquídeas y pericos

Las cactáceas mexicanas, en forma de plantas o semillas, son uno de los grupos biológicos más traficados ilegalmente. Tan sólo del desierto chihuahuense mexicano se saquean grandes cantidades de cactáceas raras o en peligro de extinción para su venta en el mercado nacional o en países como Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Suecia, Italia y Japón.

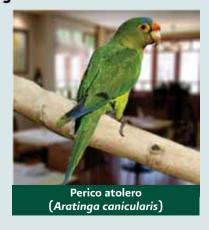
Por su parte, las orquídeas y otras epífitas (llamadas así porque crecen adheridas a los troncos de los árboles por medio de sus raíces) son ampliamente comercializadas debido a la belleza de sus flores y follaje. Por ejemplo, en la ciudad de México, durante mayo y junio, se estima que se venden en la vía pública y en los mercados y tianguis, alrededor de 1 500 flores diarias de la orquídea *Laelia speciosa*, conocida comúnmente como flor de mayo. Esta especie es endémica de los bosques de encino de las Sierras Madre Oriental y Occidental y del Eje Neovolcánico Transversal y está sujeta a protección especial por las leyes mexicanas. En otras ciudades del país, como en los alrededores de la ciudad de Xalapa, sucede lo mismo con otras orquídeas y plantas epífitas: en casi dos años se registraron a la venta en los tianguis locales casi 7 600 plantas o partes de ellas pertenecientes a 207 especies. De éstas, 18 especies están consideradas en peligro de extinción y 8 están sujetas a protección especial, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

El comercio ilegal de animales también es preocupante. En México se estima que anualmente se capturan ilegalmente entre 65 000 y 78 500 pericos, para ser vendidos como mascotas. Tristemente, debido a que el tráfico ilegal no se hace con el cuidado que requiere la colecta, transporte y alojamiento de los pericos, alrededor del 77% de los ejemplares capturados muere antes de venderse: ¡esto significa entre 50 000 y 60 000 pericos al año! Si al tráfico ilegal le sumamos la destrucción del hábitat de estas aves, no debe extrañarnos que 21 de las 22 especies de pericos y guacamayas que tenemos en nuestro país se encuentren en alguna de las categorías de riesgo que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Ejemplos de especies mexicanas que se comercializan ilegalmente

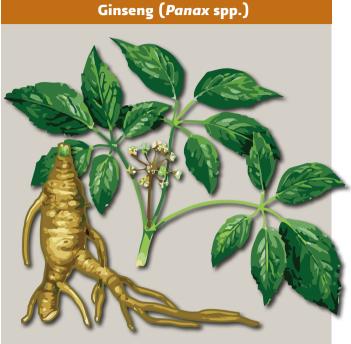






Especies que son traficadas ilegalmente por su suspuesto uso medicinal





también son transportados fuera de su zona de distribución, deliberada o accidentalmente. Las especies que llegan a un sitio de donde no son originarias se consideran exóticas o introducidas para sus nuevos hábitats. Por ejemplo, los leones y los elefantes que podemos ver en circos o zoológicos son especies exóticas para nuestro país porque su lugar de origen es África o Asia.

Cuando los organismos de una especie exótica llegan a un nuevo hábitat, existe la posibilidad de que mueran porque encuentran condiciones climáticas adversas, no puedan evadir a los depredadores o incluso, no resistan las enfermedades nativas del nuevo sitio. Sin embargo, cuando logran establecerse y causar daños ya sea ecológicos, económicos o sociales, se convierten en lo que los expertos llaman especies exóticas invasoras o simplemente, especies invasoras. Frecuentemente, cuando estas especies llegan a los nuevos hábitats, no tienen enemigos naturales que regulen sus

poblaciones, por lo que rápidamente incrementan su número y compiten con las especies locales por alimento, espacio, e incluso, se convierten en sus depredadores o transmisores de enfermedades.

Las especies invasoras pueden dañar los ecosistemas al modificar las interacciones entre las especies nativas; a la economía, si interfieren con la producción, e incluso, a la salud de las personas cuando actúan como vectores de enfermedades. En algunos casos su presencia es tan peligrosa que se les ha llegado a considerar como una grave amenaza a la seguridad económica y ecológica de muchos países.

Ahora que ya sabes lo que son las especies invasoras y lo que pueden causar, permítenos preguntarte ¿conoces alguna? Quizá tu respuesta sea no, sin embargo es probable que alguna de ellas sea tu mascota (en el caso de los animales) o la cuides en una maceta o jardín (en el caso de las plantas) o incluso la hayas comido. Algunos

ejemplos de las muchas que tenemos en México son: tortuga japonesa (muy común en los acuarios caseros), pez diablo o plecostomus (que utilizamos para limpiar las peceras), gorrión casero o pájaro chillón, carpa, algunas especies de tilapia (también conocidas como mojarras), truchas, margarita y bambú (Figura 35).

El movimiento de las especies invasoras se da por varios medios. Algunas utilizan a la propia naturaleza y se transportan con ayuda del viento o el agua en forma de semillas o propágulos; otras más aprovechan su pequeño tamaño para viajar adheridas a las plumas o el pelo de especies más grandes. Muchas otras son transportadas de manera deliberada o accidental por los humanos a través de alguna actividad relacionada con el traslado de personas o productos. Accidentalmente se pueden transportar en los embalajes de las mercancías o en algún otro sitio de cualquier medio de transporte. Por ejemplo, las mercancías que se empaquetan con madera o las que provienen de plantaciones de frutas o verduras, pueden contener los insectos que naturalmente se alimentan de ellas en sus sitios de origen, pero que en otro país podrían constituir una especie nueva e invasora. En la Figura 36 ilustramos algunos ejemplos de las rutas por las

Las especies invasoras que utilizamos como plantas de ornato o mascotas en nuestras casas no causarán daños a los ecosistemas siempre v cuando no lleguen a ellos.

cuales se pueden introducir las especies invasoras. Con tantos medios para moverse, no es de sorprender que las especies invasoras ya estén presentes en prácticamente todos los ecosistemas del mundo. Según un grupo de especialistas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, se tienen registradas hasta el momento más de 800 de estas especies. En nuestro país, la Conabio creó el Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México (que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México) en el cual se recopila la información que se genera sobre este tipo de especies. Según sus últimos registros, en México tenemos 351 especies invasoras establecidas (es decir, que ya tienen una población viable) en nuestros ecosistemas. En la Figura 37 podrás observar que casi la mitad de éstas son plantas (47%) y otra cantidad importante son peces (18%). Ejemplos de algunas de estas especies invasoras consideradas de alto impacto para México debido a los efectos negativos que tienen en la biodiversidad, se presentan en la Figura 38.

35

Ejemplos de especies invasoras que utilizamos como ornato o mascotas



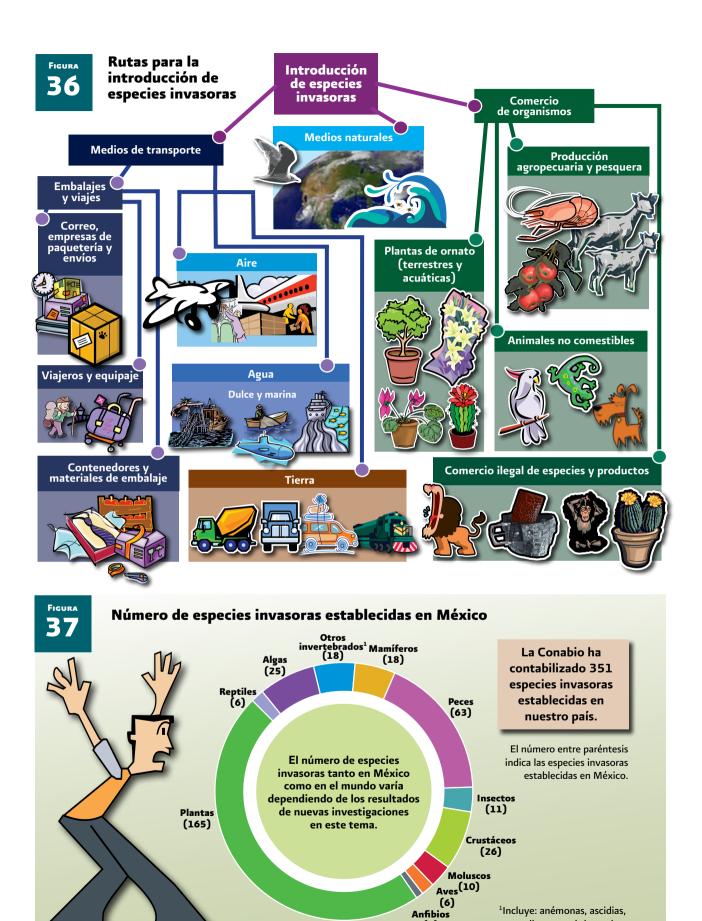


(Bambusa vulgaris)



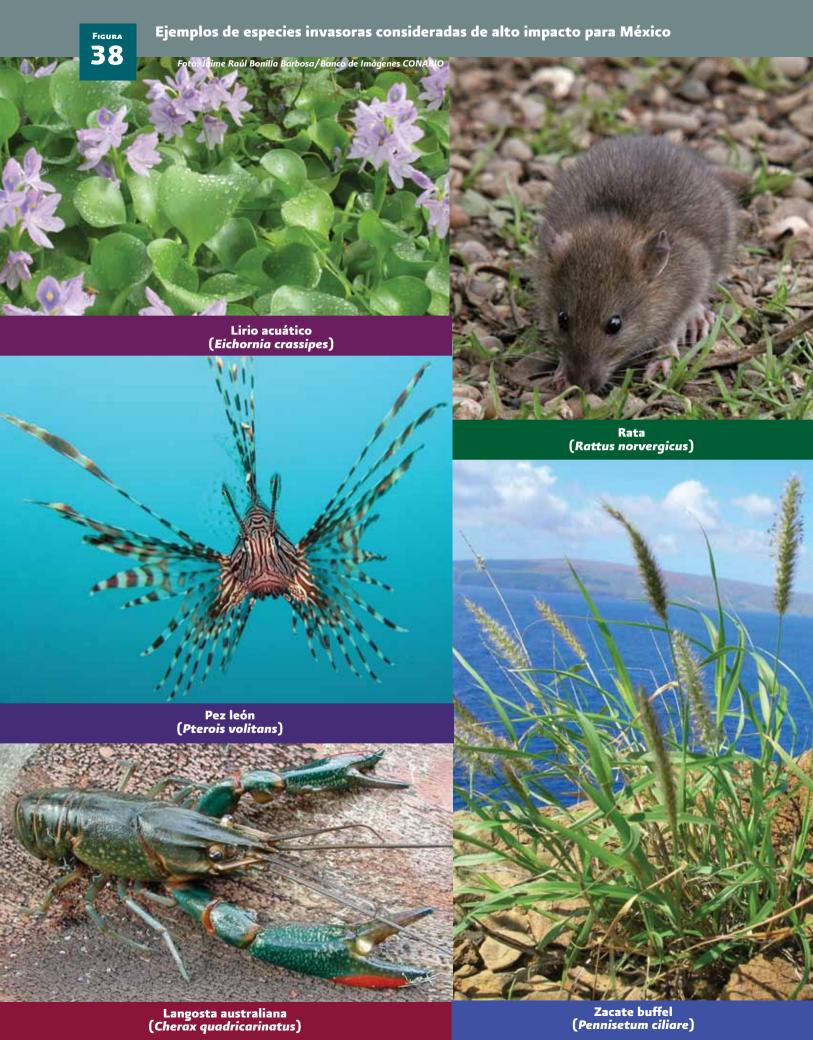
(Hypostomus sp.)





(3)

poliquetos y briozoarios.



Las invasoras en las islas

La cabra domesticada (Capra hincus), una de las especies invasoras más dañinas, come una gran variedad de plantas, más que cualquier otro tipo de ganado. Su consumo de plantas es tan alto que puede cambiar rápidamente el aspecto de los bosques donde habita y poner en riesgo a especies vulnerables. Las especies vegetales de las islas son particularmente sensibles a estos herbívoros. En la isla Guadalupe, en el océano Pacífico al oeste de Baja California, las cabras dejaron solamente el 6% de la cobertura de pinos, cipreses, encinos y palmas. Además, colocaron al borde de la extinción a un junípero endémico (Juniperus californica) y dejaron en pie a tan sólo 40 encinos de la especie Quercus tomentella. Estos mamíferos fueron erradicados de la isla durante 2004-2006 y actualmente se está trabajando en la erradicación de otra especie invasora: los gatos, los cuales han causado por sí solos o junto con las cabras, la extinción de cinco especies de aves terrestres y una marina.



Hay muchas historias de los daños que han causado las especies invasoras alrededor del mundo, pero una muy emblemática por sus efectos en la biodiversidad se dio en el Lago Victoria en África. En este lago habitaban de manera natural unas 300 especies de peces del grupo de los cíclidos, de las cuales los pescadores obtenían buenos volúmenes de pesca (representaban hasta el 83% de la captura). Sin embargo, con la intención de incrementar la producción pesquera surgió la idea de introducir un par de especies de crecimiento rápido: la perca y la tilapia del Nilo (Lates niloticus y Oreochromis niloticus, respectivamente). Estas especies desplazaron rápidamente a los cíclidos nativos, al grado que para mediados de la década de los ochenta ya dominaban el lago. La combinación de la competencia entre las especies de peces, la sobrepesca y la contaminación del agua llevó a alrededor de 200 especies de cíclidos nativos a la extinción y a muchas más a estar en riesgo de desaparecer.

En México, los peces invasores también han causado daños. Los plecos o peces diablo, (pertenecen a los géneros Hypostomus y Pterygoplichthys) son originarios de los ríos Amazonas y Orinoco, en Sudamérica, se sospecha que llegaron a nuestro país para su venta como peces de ornato. Sin embargo, actualmente ya se encuentran libres en muchos de nuestros ecosistemas naturales. En 1995 se encontraron en el río Mezcala, en Guerrero, y después han aparecido en sitios más distantes como el río Usumacinta, en Tabasco. Diversas especies de plecos se han establecido con tanto éxito en la presa El Infiernillo, en Michoacán, que ya afectaron seriamente la pesquería local de la tilapia. Debido a lo difícil que ha resultado su control, se ha planteado la posibilidad de aprovecharlo para fabricar artesanías o harina que se puede utilizar como fertilizante o alimento para aves de corral, con lo cual se podría disminuir el daño económico que sufre la población que vivía de la pesca en la zona.

Así como en México se han establecido muchas especies invasoras, también existen algunas especies de nuestro país que se han convertido en un verdadero problema para otros. Quizá el caso mejor documentado es el del nopal, una de nuestras plantas más emblemáticas. En el siglo XIX y las primeras dos décadas del siglo XX, fueron llevadas a Australia y Sudáfrica dos especies de nopal (Opuntia dillenii y O. inermis) con el fin de promover la producción de colorantes naturales a partir del insecto conocido como grana cochinilla que puede vivir en sus pencas. En esos países, el nopal no tenía enemigos naturales y las condiciones climáticas y del suelo le resultaron muy favorables, por lo que se dispersó fácilmente, cubriendo grandes extensiones de terreno y volviéndose una verdadera plaga que impedía el uso de estas tierras para otros fines.

Los primeros en intentar controlar la plaga fueron los australianos. Probaron arrancar la planta directamente del suelo y hacerla trozos, pero como es una especie que se puede regenerar a partir de un pequeño pedacito de planta sana, este método sólo ayudó a su propagación. Luego probaron con medios químicos. ¡Imaginate, se les ocurrió rociarlos con un veneno hecho a base de ácido sulfúrico y arsénico! Por supuesto que esta "solución" generó otros problemas, como la contaminación del suelo y del agua, así como

daños a otros organismos y no acabó con los nopales. Finalmente, optaron por introducir una especie que se sabía era enemigo natural del nopal: una mariposa nocturna, originaria de Sudamérica y conocida comúnmente como palomilla del nopal (Cactoblastis cactorum). Las larvas de esta palomilla son capaces de devorar las pencas del nopal en muy poco tiempo, además de que pueden trasportar las esporas de un hongo que infecta a las plantas y contribuye a su muerte. Se estima que en Australia, en tan sólo diez años, la palomilla provocó la muerte de los nopales en una superficie de alrededor de once millones de hectáreas. Esta extensión es equivalente a la que ocupan los estados de Guanajuato y Jalisco juntos. Ante este rotundo éxito, la palomilla fue llevada a Sudáfrica, Nueva Caledonia, Hawái, Montserrat, Jamaica, Cuba, Antigua y las Islas Caimán, entre otros países, con la misma misión: terminar con los nopales (Figura 39).

Si bien la palomilla ha resultado un método eficaz para controlar a los nopales, su presencia no es buena para los países que tienen nopales y donde la palomilla no es nativa, como México, pues tenemos poco más de 80 especies, de las cuales 19 son susceptibles de ser comidas por este voraz insecto. Su presencia representa un verdadero peligro para nuestra biodiversidad, cultura y economía. En el año 2006, se registró

Controles químico y biológico utilizados contra el nopal



Granjero australiano dispersando veneno contra el nopal



(Cactoblastis cactorum)



por las larvas a la penca del nopal



la presencia de la palomilla en el estado de Quintana Roo, la cual se sospecha fue traída por los vientos del huracán Wilma en 2005 desde las islas del Caribe donde había sido introducida. Afortunadamente el brote logró erradicarse antes de que el insecto se estableciera, pero el riesgo de nuevas invasiones de esta palomilla aún existe.

Contaminación

La contaminación es quizá el problema ambiental más conocido por todos nosotros. En términos simples, se define como la introducción de elementos no deseados en un ambiente donde no se encontraban de manera original o se hallaban en una cantidad distinta. La variedad de los contaminantes es muy amplia. Pueden ser sedimentos, desechos sólidos de diferente tamaño (como los que forman la basura doméstica), compuestos químicos, materia orgánica, organismos vivos (como bacterias), e incluso, energía en forma de luz y sonido.

Sin menospreciar los muchos problemas a la salud humana que estos agentes originan, nos enfocaremos en su papel como amenaza para la biodiversidad. Es importante aclarar que la contaminación tiene muchas consecuencias negativas, tantas que podríamos escribir varios libros al respecto. Por ello, lo que te presentamos aquí es sólo una pequeña muestra de lo que puede suceder cuando los contaminantes llegan a los diferentes ambientes.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Los contaminantes que afectan a los ecosistemas acuáticos provienen principalmente de las actividades agropecuarias, de las descargas de aguas negras de las ciudades, de los vertidos de la industria, e incluso, de aquellos contaminantes del aire (partículas o gases) que se precipitan con la lluvia, nieve o neblina. Dentro de la variedad de contaminantes del agua, existen muchos

compuestos químicos que son altamente tóxicos, algunos de los cuales contienen metales pesados como el mercurio, plomo, cadmio y arsénico. Estos compuestos tienen diversos tipos de efectos: por ejemplo, en las larvas y los huevos de muchas especies de peces y moluscos pueden disminuir y retrasar su crecimiento y desarrollo e incluso, provocarles la muerte, mientras que en los organismos adultos pueden tener graves efectos en su reproducción y salud.

Además de los efectos por el contacto directo con los contaminantes, los depredadores de los ecosistemas acuáticos (como peces, aves y mamíferos) y los organismos que filtran el agua para alimentarse (como las almejas y los mejillones) pueden resentir sus efectos. Los primeros porque a través de la cadena alimenticia, las distintas presas pueden transmitir los contaminantes cada vez más concentrados a sus depredadores, y así hasta llegar al depredador final, el cual para fines prácticos puede estar consumiendo con su presa cantidades importantes de contaminantes. En el caso de los organismos filtradores, los acumulan en sus tejidos durante el proceso de filtración del agua.

Dentro de la gama de desechos que provienen de las ciudades están los plásticos que no se disponen en sitios adecuados y que pueden llegar a los cuerpos de agua y causar severos problemas a los organismos. En los océanos, los peces, mamíferos marinos, aves y tortugas pueden confundirlos con sus alimentos y, en su intento de comerlos, tragarlos y morir asfixiados. Muchos plásticos tienen la característica de no ser biodegradables, lo que ocasiona que permanezcan más tiempo en el agua con lo que se incrementa el riesgo de que algún organismo resulte dañado. Además la exposición prolongada a la radiación solar de estos plásticos hace que se liberen sustancias tóxicas que afectan a algunas especies de peces y aves. En el Recuadro Las islas de basura de los océanos, te platicamos un caso muy preocupante.

Las islas de basura de los océanos

Durante mucho tiempo los océanos del mundo han sido los depósitos de una parte de nuestros desechos, al considerar, quizá por ignorancia o ingenuidad, que tarde o temprano se degradarán y desaparecerán en sus aguas. De toda la variedad de productos de desecho que llegan a ellos, destacan los elaborados a base de plásticos (como el polietileno, polipropileno y poliestireno) que, al no ser biodegradables, tienden a flotar y acumularse en extensiones que difícilmente podríamos imaginar.

Con tantos desechos la calidad del hábitat se deteriora para muchas especies de aves, tortugas, mamíferos marinos y peces. Debido al contacto permanente con el agua salada y la exposición prolongada a la radiación solar, los plásticos se rompen en trozos muy pequeños que son frecuentemente confundidos con alimento por los animales, lo que puede ocasionarles desde asfixia hasta intoxicaciones diversas, pues estos materiales también pueden absorber sustancias químicas que se encuentran en el agua (como plaguicidas, insecticidas y solventes). Además, la gran acumulación de desechos permite la proliferación de microorganismos que resultan patógenos para los pocos organismos que pueden sobrevivir en este ya contaminado ambiente.

En medio del océano Pacífico, entre Hawái y California, se encuentra una de las islas de basura conocida como el Gran Parche de Basura del Pacífico. Imagina una superficie marina de varios miles de kilómetros cuadrados cubierta con botellas, bolsas de plástico y demás objetos elaborados a base de este material que provienen mayormente de lugares tan lejanos como Norteamérica y el este de Asia. El Parche del Pacífico no es el único que existe. Los océanos Atlántico e Índico también tienen sus propias acumulaciones con consecuencias similares.

Ubicación de los parches de basura en los océanos



La contaminación marina por hidrocarburos como el petróleo es un tema que recientemente ha llamado la atención. A diferencia de otros contaminantes, el petróleo es de origen natural, por lo que hay especies que están adaptadas a su presencia e incluso se alimentan de él (como algunas bacterias y hongos). Sin embargo, en los derrames de petróleo se libera, en muy poco tiempo, una gran cantidad de hidrocarburos que los microorganismos no tienen tiempo de degradar, convirtiéndose en una amenaza para otras especies y para el ecosistema entero.

Los hidrocarburos son altamente tóxicos para los huevos y larvas de peces y otros organismos, matándolos inmediatamente al contacto. En aves y mamíferos forman una capa aislante sobre las plumas y las pieles que les impide regular su temperatura de manera adecuada, flotar, nadar o volar, dificultando su alimentación, lo que acaba produciéndoles la muerte. En tortugas y mamíferos marinos se han detectado problemas respiratorios graves, además del incremento en el número de infecciones por hongos y bacterias (debido al deterioro del sistema inmune) y daños en diversos órganos.

En la zona del derrame petrolero del Exxon Valdez en Alaska, se tenían identificadas dos poblaciones de orcas. Después del derrame, ambas poblaciones perdieron cerca del 40% de sus individuos.

Conociendo lo anterior, no es de extrañar que los grandes derrames petroleros traigan consigo la muerte de una gran cantidad de organismos, dañando algunas veces de manera irremediable a sus poblaciones. En 1989, en las costas de Alaska, el buque Exxon Valdez derramó alrededor de 37 000 toneladas de petróleo crudo, produciendo la muerte de aproximadamente 250 000 aves marinas, 300 focas, 22 orcas, 14 leones marinos y un número indeterminado de peces de distintas especies y de organismos que habitaban en los más de 2 000 kilómetros de costa que resultaron afectados. Algunos derrames importantes que han ocurrido cerca de nuestros litorales y que afectaron la biodiversidad de los ecosistemas marinos y costeros fueron el derrame de petróleo producto de la explosión del pozo Ixtoc I en la Sonda de Campeche en 1979, y una explosión en la plataforma petrolera Deepwater Horizon en 2010 en el Golfo de México, cuyo derrame tardó cinco meses en ser controlado (Figura 40).

Accidentes petroleros en el Golfo de México y daños a la fauna







Pelícano cubierto de petróleo

FIGURA

40

Otro grupo de contaminantes que llegan al agua son los compuestos químicos ricos en fósforo y nitrógeno que provienen de las actividades agropecuarias, de la acuacultura y de las descargas de aguas domésticas e industriales, principalmente. El enriquecimiento del agua con estos nutrimentos se llama eutrofización. Aunque podríamos pensar que la abundancia de nutrimentos en el agua es buena para el ecosistema, no siempre es así. Este excedente promueve el crecimiento de ciertas especies de algas y plantas que enturbian el agua y dificultan la penetración de la luz solar, lo que les impide a otras plantas acuáticas y al fitoplancton realizar la fotosíntesis, por lo que tarde o temprano mueren.

Un lago o río con bajo contenido de nutrimentos y altos niveles de oxígeno (llamado oligotrófico) que permitía la existencia de una gran biodiversidad puede convertirse, con el aumento de los nutrimentos, en un cuerpo de agua mesotrófico, en el cual hay mayor presencia de algas y menor número de especies que en la condición anterior. De seguir el vertido de nutrimentos a este lago o río, podría finalizar en un nivel de eutrofización muy avanzado (ser un cuerpo eutrófico) en el que ya no es posible la presencia de peces, plantas acuáticas, ni de otros organismos que lo habitaban anteriormente (Figuras 41 y 42 a y b).

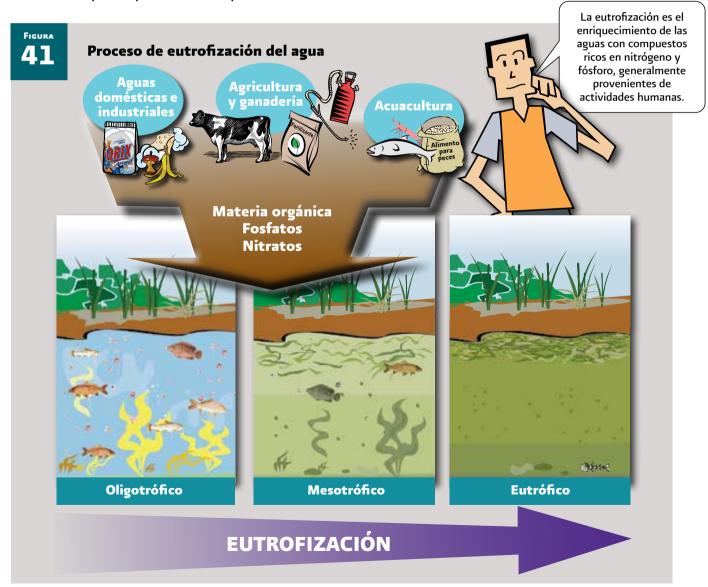


FIGURA 42

Cuerpos de agua dulce eutrofizados (a y b) y marea roja (c)







En las zonas costeras, el incremento en la ocurrencia de las llamadas mareas rojas parece estar relacionado con la eutrofización de las aguas. Este fenómeno debe su nombre al cambio en el color del agua marina que resulta del crecimiento sin control de las poblaciones de ciertos organismos planctónicos, entre los que destacan los llamados dinoflagelados, que producen pigmentos de diversas tonalidades, frecuentemente rojizos (Figura 42 c). El problema con la marea roja es que las toxinas que liberan los dinoflagelados pueden provocar fuertes intoxicaciones, y aun la muerte a muchos organismos marinos; incluso si los seres humanos consumimos productos del mar contaminados con estas sustancias podemos caer gravemente enfermos. De ahí que las mareas rojas puedan, en algunos casos, tener consecuencias importantes tanto en la biodiversidad marina, como en la actividad económica y social de muchas poblaciones costeras en diversas partes del mundo, incluido México.

CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Los suelos están formados por millones de partículas de diferentes materiales, formas y tamaños que se unen de manera irregular, permitiendo la formación de huecos por donde puede pasar agua y aire. Su biodiversidad es un

componente integral e indispensable, ya que sin ella no habría suelo, sino una capa de polvo y arena mineral. Dicha biodiversidad se compone de miles de bacterias, protozoarios y hongos que no podemos observar a simple vista, así como de otras tantas especies más grandes que se mueven libremente a través de sus poros, como muchos gusanos y otros invertebrados. Los suelos sirven de soporte físico para las plantas; de hábitat para los animales que excavan en él sus madrigueras y, también proporcionan el medio para las reacciones químicas y las relaciones ecológicas que permiten la existencia de la vida. Además, proporcionan una gran variedad de servicios ambientales, como la recarga de los acuíferos, ríos y lagos (ya que a través de sus huecos el agua de las lluvias escurre hasta ellos) y la degradación de la materia orgánica que realizan los microorganismos y que permite la nutrición de las plantas.

Es muy difícil decirte cuáles son las consecuencias directas de la contaminación del suelo en la biodiversidad, porque muchas veces van de la mano con otras amenazas, además de que los efectos dependerán de los organismos de que se trate. Algunas especies pueden resultar más afectadas, mientras que otras, como ciertos microorganismos, resultan favorecidos por la presencia de contaminantes (como los hidrocarburos), pues se alimentan de ellos.

El suelo se puede contaminar como consecuencia de actividades humanas de muy diversa índole. La minería produce una gran cantidad de compuestos químicos tóxicos para los microorganismos, las plantas y los animales; la extracción de petróleo en tierra, así como el proceso de refinación pueden generar derrames de hidrocarburos; los accidentes de contenedores de productos químicos pueden liberar ácidos, solventes u otros compuestos; el proceso de tratamiento de aguas residuales genera una gran cantidad de lodos que contienen microorganismos patógenos y materia orgánica.

Un ejemplo muy reciente de contaminación del suelo fue el derrame de lodo tóxico de una planta de aluminio en Hungría en octubre de 2010. Este lodo, de coloración rojiza debida a la alta concentración de fierro, y con pH altamente alcalino (en la escala de pH se ubica en 13, similar al de la sosa cáustica), contaminó el suelo y amenazó también con contaminar las aguas del río Danubio (Figura 43).

Otra de las actividades que contribuye de manera importante a la contaminación del suelo es la agricultura. Los fertilizantes sintéticos que se aplican para promover el crecimiento vegetal pueden ser perjudiciales para las propias plantas, los microorganismos, las lombrices y los artrópodos que viven en el suelo, cuando se usan inadecuadamente en grandes cantidades o por demasiado tiempo, lo que a la larga disminuye su fertilidad. Además, los fertilizantes que no fueron absorbidos por los vegetales pueden recorrer grandes distancias disueltos o suspendidos en el agua, terminando en los ríos, lagos, acuíferos o el mar, promoviendo tarde o temprano su eutrofización. Los plaguicidas empleados para proteger a los cultivos pueden resultar nocivos para la fauna que habita el suelo y, en caso de alcanzar algunos cuerpos de agua, para los organismos que los habitan.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Los agentes contaminantes del aire son muy variados y van desde compuestos químicos en forma de gases (por ejemplo, el ozono, los clorofluorocarbonos (CFC)¹⁰, el bióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno y azufre), microorganismos (bacterias y virus, por ejemplo) y pequeñas partículas de polvo. En la atmósfera, estos contaminantes pueden permanecer por largos periodos de tiempo, e



¹⁰Se refieren a un conjunto de gases que tienen múltiples usos en la industria, principalmente en la de refrigeración, los aerosoles y la fabricación de aislantes térmicos, como el unicel.

incluso, los compuestos químicos reaccionan y se transforman en compuestos distintos, lo que puede incrementar su peligrosidad para el ser humano, los ecosistemas y la biodiversidad. Por ejemplo, los CFC se degradan bajo la acción de la radiación ultravioleta del sol, lo cual les permite reaccionar con las moléculas de ozono de la estratósfera, descomponerlas y producir el famoso agujero de la capa de ozono. Recordemos que esta capa nos protege de la radiación solar dañina y ha permitido el desarrollo de la vida tal y como la conocemos.

No hay suficiente información sobre cómo afecta puntualmente la contaminación atmosférica a la biodiversidad, pero lo que sabemos ilustra bien su peligrosidad. Los óxidos de nitrógeno y de azufre (NO_x y SO_x, como se conocen genéricamente) se originan a partir de la quema de combustibles fósiles en la industria y en los automotores. Una vez en la atmósfera pueden reaccionar con el agua y formar los ácidos nítrico y sulfúrico, que son los precursores de la lluvia ácida. Esta lluvia actúa sobre ciertos mecanismos fisiológicos de las plantas haciéndolas más sensibles y vulnerables al viento, frío, sequías, incendios y enfermedades.

En Europa, Estados Unidos y China, la lluvia ácida afecta grandes extensiones boscosas; pero para observar estas afectaciones no tenemos que ir tan lejos, en nuestro país, en los parques nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Desierto de los Leones hay evidencias de daños por este tipo de contaminación, que se manifiestan principalmente por la pérdida del follaje de los árboles, e incluso su muerte. Así, al tener un bosque débil y con individuos muertos, se pierde una gran cantidad de hábitats para muchas otras especies y se facilita la entrada de otras amenazas, como las plagas forestales (por ejemplo, los escarabajos barrenadores, descortezadores y otros organismos que matan a los árboles) y las especies invasoras.

Otros contaminantes muy importantes emitidos a la atmósfera, principalmente por la quema de combustibles fósiles, son los gases de efecto invernadero (GEI). Se llaman así porque atrapan la radiación solar que atraviesa la atmósfera y no la dejan salir hacia el espacio, produciendo un efecto de calentamiento. Entre ellos destacan el bióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), que se sabe son los responsables del calentamiento global, el cual tiene importantes efectos sobre la biodiversidad, como veremos más adelante.

CONTAMINACIÓN POR LUZ Y SONIDO

Existen dos tipos de agentes contaminantes que no son tan conocidos, pero que pueden tener serias consecuencias sobre la biodiversidad. Y no es que sean imperceptibles, es tan sólo que a veces no los consideramos como contaminación: nos referimos a la luz y al ruido.

Aunque sea difícil de creer, las luminarias de nuestras casas, avenidas e infraestructura en general pueden ser un tipo de contaminación que altera los patrones naturales de luz y oscuridad del medio natural (Figura 44). Los efectos de la luz todavía no están bien estudiados, pero existen algunos ejemplos que muestran lo importantes que pueden ser. Veamos algunos de ellos. Las aves pueden quedar deslumbradas y chocar contra edificios, plataformas petroleras o puentes, o bien, tener dificultades para encontrar sus sitios de anidación. Las crías de las tortugas marinas por su parte, pueden perder el rumbo en su ruta hacia el mar, ya que inmediatamente despúes de que nacen, deben emprender su rápido camino hacia él, orientadas normalmente por las estrellas. Las luces artificiales instaladas en las zonas de playa hacen que se desorienten y que vayan tierra adentro y no alcancen jamás el agua, así que mueren por deshidratación o exhaustas por haber gastado su reserva energética o simplemente por ser comidas por sus depredadores.

El otro tipo de contaminación es la auditiva. Para explicarla, pondremos el siguiente ejemplo: ¿tu vecino o alguien a quien conoces sube el volumen de su estéreo o televisión al grado que los habitantes de cinco cuadras a la redonda se enteran de cuáles son sus gustos musicales o su programa favorito? Si te molesta escucharlo, entonces ya has sido víctima de la contaminación auditiva.



La contaminación lumínica es más fuerte en las zonas con mayor población.

El ruido, que es el agente responsable de la contaminación auditiva, se define como el sonido compuesto de múltiples frecuencias que no es deseado por el receptor. En los ecosistemas acuáticos este tipo de contaminación es muy importante, ya que el sonido viaja aproximadamente cinco veces más rápido en el agua que en el aire, lo que le permite alcanzar una gran extensión en pocos segundos.

Los cetáceos, grupo al que pertenecen las ballenas, delfines y marsopas, dependen de la ecolocalización para la obtención de su alimento, la comunicación, la búsqueda de pareja y la detección de depredadores. En este sofisticado sistema, los animales emiten sonidos que al chocar contra un objeto (por ejemplo, una posible presa o un obstáculo) generan un eco que regresa a ellos y les permite identificar la dirección en que se encuentra, su tamaño y su forma. Los sonares, los motores de las embarcaciones, la exploración y perforación de pozos petroleros, las prácticas militares y muchas otras actividades generan ruidos subacuáticos que pueden interferir con la ecolocalización de los cetáceos (Figura 45). Si la interferencia es considerable, puede ocasionarles

que pierdan el rumbo hacia sus zonas de apareamiento, alimentación y crianza; incluso se ha sugerido que el ruido es una de las causas de su encallamiento en las playas, lo que casi siempre tiene un desenlace fatal (Figura 46). Además se ha descubierto que puede ocasionarles daños al sistema inmune (haciéndolos más susceptibles a las enfermedades) y otras afectaciones en su estructura social.

En el medio terrestre el ruido puede provenir de muchas fuentes que incluyen el transporte y las actividades industriales. Las principales consecuencias sobre los organismos sensibles pueden ser la interferencia en la reproducción (cuando los llamados entre parejas se pierden en el ruido), en la obtención de alimento (por la dificultad de localizar a sus presas) y en la detección de sus depredadores. En experimentos de laboratorio realizados con murciélagos cazadores de insectos (Antrozous pallidus y Myotis myotis), se ha observado que tienden a buscar a sus presas lejos de la fuente del ruido, ya que dependen de los sonidos que generan para ubicarlas. Incluso, algunas especies modifican sus áreas de distribución al intentar evadir las fuentes de ruido.



CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es quizá el tema ambiental que más atención ha recibido en los últimos años. Escuchamos de él en la escuela, en los medios de

El encallamiento de mamíferos marinos se ha atribuido, entre otros factores, al ruido que hay en los océanos.

comunicación y en los mensajes de muchos líderes políticos. Algunos de sus efectos más conocidos son el aumento de la temperatura del mar y el aire, el deshielo de los polos y glaciares, el incremento en la intensidad y número de huracanes (con las consecuentes inundaciones que provocan), así como las seguías que afectan a muchas zonas del mundo. Tal parece que el cambio climático se ha convertido en el villano favorito, responsable de los desastres ambientales que estamos viviendo y que veremos en los próximos años. Pero más allá de sus efectos económicos y sociales, la biodiversidad también resiente sus efectos. Aquí nos detendremos a analizar este aspecto y podrás darte cuenta por qué está considerado como una de sus principales amenazas.

A lo largo de su historia, el clima del planeta ha cambiado de manera importante en diferentes ocasiones. Ejemplo de ello son las glaciaciones; la última ocurrió naturalmente hace 18 000 años y cubrió de hielo una buena parte del planeta por espacio de varios miles de años. En ese caso no podemos adjudicarle resposabilidad alguna a la humanidad. Pero entonces, si el clima cambia de manera natural, ¿por qué hay tanto alboroto con respecto al cambio climático actual? La respuesta tiene que ver con la rapidez con la que ahora se producen los cambios.

A diferencia de la mayoría de los cambios climáticos naturales, que tardan miles de años en producirse, el que estamos viviendo está ocurriendo muy rápido. Los expertos han encontrado claras evidencias de que el calentamiento que se ha registrado en los últimos 50 años puede ser atribuido a los efectos de las actividades humanas. Este es el calentamiento global del que se habla comúnmente y cuyo origen se atribuye a los gases de efecto invernadero. Estos se emiten a la atmósfera en grandes cantidades como resultado de las actividades humanas, principalmente por el uso de combustibles fósiles para generar la electricidad que usamos y para mover los vehículos en los que nos transportamos. Además del calentamiento. los científicos también han medido cambios en otros elementos del clima. como la precipitación y la humedad. Si deseas conocer con mayor profundidad este tema, te recomendamos consultar el libro "Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones", perteneciente a esta Serie.

¿Cómo se relaciona este problema con la biodiversidad? Todas las especies del planeta están adaptadas a vivir en las condiciones ambientales particulares de sus hábitats. La mayoría de las especies pueden tolerar las variaciones naturales del estado del tiempo a lo largo del año, mas no los cambios permanentes en el clima, ya que éstos modifican las relaciones ecológicas más fundamentales del ecosistema.

El problema con el cambio climático es que los hábitats de muchas especies están cambiando rápidamente. Un gran número de plantas y animales ya no consiguen sobrevivir porque sus ambientes les resultan hostiles por ser más calientes, secos, húmedos o fríos. Esto ha llevado a que sus poblaciones se reduzcan en tamaño, cambien su distribución geográfica o bien, si no consiguen adaptarse a las nuevas condiciones, se extingan.

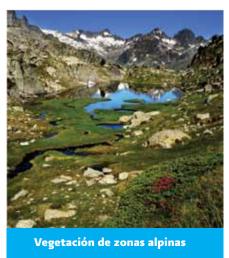
Desafortunadamente, nos sobran ejemplos para ilustrar estas afectaciones. Diversas especies de plantas alpinas están cambiando sus áreas de distribución migrando hacia sitios más altos en las montañas donde la temperatura es más baja; los osos polares y los pingüinos están perdiendo sus hábitats por el derretimiento de las plataformas de hielo en el Ártico y en la Antártica, respectivamente (Figura 47). También el sapo dorado (*Incilius periglenes*), que se considera extinto, y la rana arlequín (*Atelopus longirostris*), críticamente amenazada de extinción, de los bosques de niebla de Monteverde, en Costa Rica, son otros buenos ejemplos. Los últimos individuos de ambas especies fueron vistos en

FIGURA 47

Algunas especies afectadas por el cambio climático







El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) señala que alrededor del 50% de las especies estudiadas han sido afectadas por el cambio climático.

1987, y su declive se atribuye al cambio en el clima, particularmente por una severa escasez de lluvia y temperaturas muy altas durante el fenómeno de El Niño¹¹ de 1986-1987. Al parecer, durante esa temporada de reproducción no hubo suficiente agua en las pozas donde nacían las crías, por lo que se sospecha que los huevos murieron por desecación. Adicionalmente se piensa que las altas temperaturas obligaron a los adultos a concentrarse en ciertos sitios, lo que favoreció el contagio de patógenos que les causaron la muerte.

El cambio climático también puede afectar a las especies al modificar la disponibilidad y distribución de su alimento, ya sea porque ha desaparecido, escaseado o se ha mudado a otros sitios. Este es el caso de una población de pingüinos Adelia (*Pygoscelis adeliae*) en Antártica, que se redujo en 15 años de 320 parejas con crías a tan sólo 54, debido aparentemente a la migración de su principal alimento (el krill¹²) hacia zonas sureñas más frías y alejadas a las cuales los pingüinos llegan con dificultad.

En otros casos, el cambio en las condiciones climáticas puede afectar las relaciones que las especies han establecido entre sí por millones de años y de las cuales depende en gran medida su supervivencia. Uno de los casos más emblemáticos es el de los corales, que albergan en sus tejidos a ciertas algas microscópicas llamadas zooxantelas de las que obtienen nutrimentos

¹¹El Niño es un evento más o menos cíclico que ocurre entre cada tres y siete años, en el cual una masa de agua cálida se desplaza del oeste del océano Pacífico hacia las costas del continente americano, ocasionando un incremento en las lluvias en algunas regiones y sequías en otras.

y a las cuales ofrecen protección y alimento a través de sus desechos. Cuando la temperatura del mar aumenta, se rompe esta relación y los corales expulsan a las zooxantelas, lo que los deja sin color y permite observar su blanco esqueleto de carbonato de calcio, lo cual da nombre al fenómeno del blanqueamiento de coral (Figura 48). En esta condición, los corales son más vulnerables a enfermedades y al daño físico. El daño puede revertirse y los corales recuperarse si el aumento de la temperatura marina no es muy alto o prolongado y si otras algas entran en asociación con ellos, pero si transcurren periodos largos de altas temperaturas -con incrementos iguales o mayores a 3°C-, los corales mueren. Las altas temperaturas de 1998, que fue el año más caliente del siglo pasado, ocasionaron que alrededor del 16% de los arrecifes del mundo sufrieran del fenómeno de blanqueamiento o murieran.

Los cambios de los que te hemos hablado en los párrafos previos, además del impacto que tienen en las poblaciones de las especies, también tienen consecuencias importantes en los ecosistemas, algunas de las cuales ya son noticias frecuentes en muchos países, incluido el nuestro. En la Figura 49 te mostramos algunos de los cambios observados y otros que los científicos predicen que ocurrirían en los principales ecosistemas del mundo por los efectos del cambio climático.



¹²Pequeños crustáceos parecidos a los camarones.

Impactos observados y previstos del cambio climático en los ecosistemas



Agroecosistemas

- Afectaciones a la producción por incremento en las plagas y enfermedades.
- Los cambios en la cantidad y distribución de las lluvias han provocado que en algunas regiones exista un mayor riesgo de incendios y menor disponibilidad de agua, y en otras, aumenten las inundaciones.



Ecosistemas polares

· Los mamíferos marinos y los pingüinos están perdiendo su hábitat y sus fuentes de alimento por el derretimiento de las plataformas de hielo que se forman en mar abierto. Por ejemplo, en la colonia Terre Adelie, en Antártica, hay una reducción de alrededor de 50% en las poblaciones de pingüino emperador; en la bahía Hudson, en el Ártico, las osas polares muestran una disminución en su peso, lo que repercute en las reservas energéticas para la crianza de sus oseznos.



Tierras secas y subhúmedas

 Se pronostican cambios en el régimen de precipitación, lo que generará desiertos más calientes y secos y con mayor riesgo de incendios. Se prevé que una de las zonas más afectadas será el Karoo, en Sudáfrica y Namibia, una de las regiones áridas más ricas en biodiversidad en el mundo.



Ecosistemas forestales y de montaña

- Desaparición de los bosques en las partes bajas de las montañas y de las latitudes tropicales. Por ejemplo, en los Alpes, algunas especies de plantas han emigrado hacia arriba de uno a cuatro metros por década, y otras que anteriormente sólo se encontraban en las cumbres, han desaparecido.
- Debido al incremento en la temperatura y al cambio en el régimen de lluvias, habría mayor incidencia de incendios y de especies invasoras que pudieran convertirse en plagas. Por ejemplo, en el valle del Yukón, Canadá, los inviernos más calurosos de los últimos años han permitido la propagación de escarabajos que se alimentan de los árboles, provocando su muerte en casi 400 000 hectáreas de bosque boreal.
- · Derretimiento de los glaciares de montaña, lo que afectará la disponibilidad de agua para los poblados cercanos y, podría incrementar el riesgo de inundaciones.



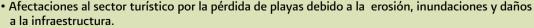
Aguas continentales

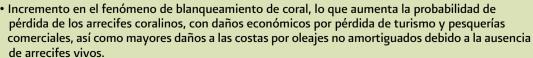
 Debido al cambio en el régimen de lluvias y al deshielo de los glaciares continentales, aumentaría el riesgo de desbordamiento e inundación de las zonas aledañas. Sin embargo, las sequías ocasionarían su sobreexplotación.



Ecosistemas insulares y costeros

- · En algunas regiones ha aumentado el número e intensidad de huracanes, mientras que en otras se han presentado seguías.
- Incremento en el riesgo de inundación por aumento en el nivel del mar y el oleaje. Por ejemplo, en las islas Maldivas, en el océano Índico, entre 50 y 80% del área terrestre está a menos de un metro de altura sobre el nivel del mar, por lo que cualquier incremento afectaría a la población y a la biodiversidad en general.







Organismos Genéticamente Modificados

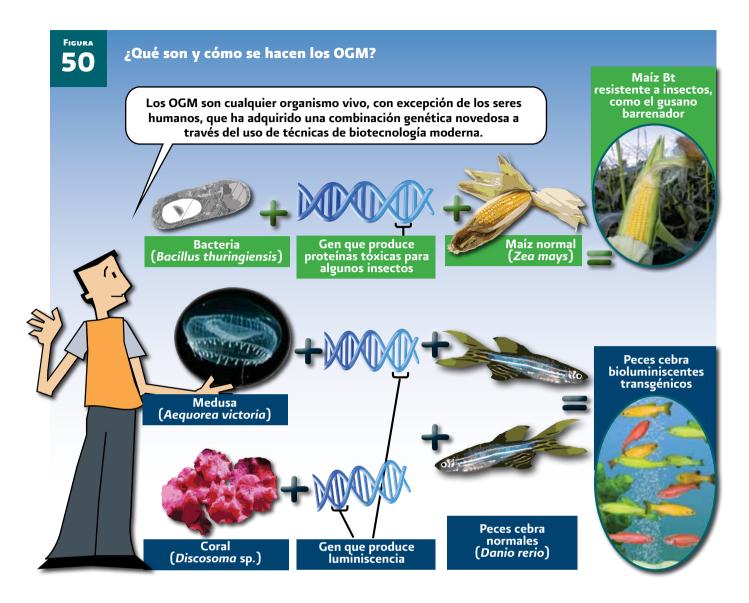
A diferencia de las amenazas anteriores que cuentan con fuertes evidencias científicas respecto a su impacto en la biodiversidad, con los organismos genéticamente modificados (OGM, conocidos también como organismos vivos modificados) existen todavía fuertes debates respecto a sus posibles efectos y a la magnitud de su impacto. En esta sección te presentamos un resumen sobre ellos, el cual esperamos te sirva para conocerlos un poco mejor y para que puedas tener más elementos de juicio en esta discusión.

Desde muchos miles de años atrás, la humanidad ha buscado la manera de utilizar organismos para su beneficio a través de la biotecnología. Por ejemplo, las bacterias se han utilizado para transformar materias primas como la leche y frutas en productos como el queso o el yogur, y en bebidas como el vino. Con el descubrimiento de la estructura del ADN, su papel en la transmisión de la información genética y con los avances de la tecnología para su manejo, la biotecnología tradicional sufrió un cambio tan radical que hoy en día podemos crear organismos con características que no podrían tener en la naturaleza, o con la posibilidad de realizar procesos que de manera natural no harían. Todo esto a través de la llamada modificación genética.

Con las técnicas de biotecnología moderna, ahora se puede retirar una parte del ADN de las células de un organismo (uno o varios genes) e insertarlo en el material genético de otro (que puede ser o no de la misma especie) y así provocar que las células del receptor reproduzcan las características del donante que iban contenidas en el gen insertado. A los organismos que son sometidos a este cambio se les denomina organismos genéticamente modificados (OGM). Así se han creado animales genéticamente modificados (por ejemplo, ratones, peces, conejos, cerdos, ovejas y vacas) en los cuales, se promueve su crecimiento y la resistencia a ciertas enfermedades entre otros usos.

En el caso de las plantas, se han insertado genes que retardan la maduración de los frutos o que les brindan mayor resistencia contra virus, herbicidas y algunas plagas (insectos y gusanos; Figura 50). No obstante, los usos que se les dan a los OGM no se limitan a los alimentos, las bacterias genéticamente modificadas se usan, por ejemplo, para producir la insulina indispensable para los pacientes diabéticos. Otros OGM se emplean para sintetizar anticonceptivos, vacunas, hormonas, anticoagulantes y coagulantes, entre otros compuestos. Incluso también se han empleado para modificar ejemplares de ornato: se ha manipulado el color natural de los peces cebra (Danio rerio; muy populares en los acuarios caseros) a través de la inserción de genes de una medusa y un coral para volverlos bioluminiscentes (Figura 50).

A pesar de todos sus beneficios, una de las cuestiones más importantes en el debate alrededor de los OGM está en determinar si estas modificaciones podrían ser perjudiciales al entorno biológico, económico y social para el cual se han diseñado. Y esto tiene una gran importancia en regiones de alta diversidad biológica y cultural, como lo es México.



Una de las principales preocupaciones respecto al uso de los OGM es que una especie o variedad que no era el objetivo de la modificación genética pudiera adquirir los genes modificados. En las plantas esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando el polen de las variedades genéticamente modificadas alcanza (ya sea por el viento, polinizadores o humanos, de manera deliberada o accidental) y poliniza las plantas silvestres de la misma especie, produciendo semillas viables con los genes modificados. Estas semillas podrían con el tiempo producir nuevos organismos modificados que se cruzarían con los silvestres, alterando la

composición genética de las poblaciones. Incluso, las semillas podrían ser transportadas mucho más allá del polen (por ejemplo, por los seres humanos) a regiones distantes donde podrían tener los mismos efectos.

Otro de los cuestionamientos acerca de los OGM se refiere a los efectos no esperados de su presencia y a su eficiencia real en condiciones naturales. Por ejemplo, en China se sembró algodón modificado con genes de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que le ayudan a producir un insecticida natural que reduce el daño que la oruga *Helicoverpa*

armigera le ocasiona al alimentarse de sus flores. Sin embargo, los problemas de la producción de algodón no se eliminaron con la nueva variedad. Por el contrario, con su llegada, las poblaciones de míridos (insectos parecidos a las catarinas y que no son controlados por el insecticida del algodón modificado) crecieron a niveles que ya no sólo afectaban la producción del algodón genéticamente modificado, sino también cultivos importantes como el dátil, manzana, melocotón y pera en sitios aledaños a la zona donde se sembraba el OGM, y que no ocurrían antes de su arribo. Este es un buen ejemplo que muestra

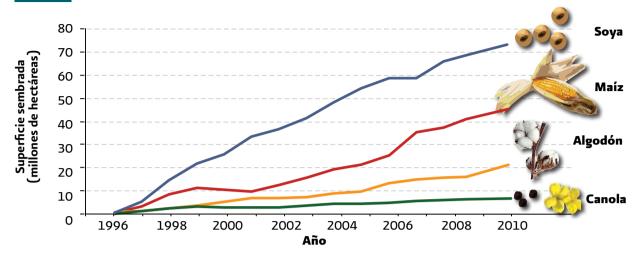
En 2010, la superficie sembrada con cultivos genéticamente modificados representó el 10% de las aproximadamente 1 500 millones de hectáreas cultivadas en el mundo.

cómo una aparente buena solución puede ser inútil o incluso perjudicial para otras especies, incluida la nuestra. Por casos como éste existe un fuerte debate sobre la conveniencia de liberar a los OGM al ambiente. Algunos de los argumentos que han utilizado los grupos a favor y en contra de los organismos genéticamente modificados los presentamos en la Tabla 1.

Argumentos que se han utilizado en la discusión sobre OGM	
A favor	En contra
• Incremento en la productividad de las cosechas de organismos genéticamente modificados para uso alimentario y de generación de energía a partir de biocombustibles, sin necesidad de aumentar la superficie agrícola.	Posible desarrollo de alergias en personas sensibles originadas por su consumo.
• Disminución de la deforestación debido a la reducción de la superficie agrícola necesaria.	 Riesgo de que el polen genéticamente modificado entre en contacto con cultivos no modificados o variedades silvestres y trasmita los genes modificados.
 Mejora de las propiedades nutrimentales de los cultivos o razas (en el caso de los animales) transgénicos. 	 Riesgo de dispersión de semillas genéticamente modificadas en sitios no deseados como ecosistemas naturales.
• Incremento en la producción de sustancias de uso farmacéutico a partir de plantas genéticamente modificadas.	 Posible toxicidad hacia los polinizadores y otros insectos benéficos que ayudan a controlar a las plagas de manera natural (es decir, efectos en organismos para los cuales no se diseñó el OGM, a los cuales se les llama organismos "no blanco").
	 Riesgo de desarrollo de resistencia a insecticidas y herbicidas en otras plagas y malas hierbas que invaden los cultivos.
	Riesgo de pérdida de diversidad genética.

FIGURA **51**

Superficie mundial sembrada con cultivos transgénicos, 1996-2010



Independientemente de la controversia que generan, lo que es una realidad es que los OGM ya son ampliamente utilizados. Dentro de ellos, las plantas son las que han tenido el mayor auge. Para que te des una idea de la extensión de este tipo de cultivos en el mundo, en el 2010 se sembraron 148 millones de hectáreas, esto es, 87 veces la superficie sembrada en 1996 con este tipo de cultivos (Figura 51). Los principales cultivos de especies genéticamente modificadas son la soya (81% de la superficie mundial de este cultivo sembrada en 2010 fue modificada), el algodón (64%), el maíz (29%) y la canola, que se utiliza ampliamente para la elaboración de aceite de cocina (23%). Las modificaciones genéticas de estos cultivos son básicamente para incrementarles la resistencia a herbicidas y a plagas.

México no ha sido ajeno al uso de OGM en la agricultura. Tenemos alrededor de 20 especies que se han cultivado en lo que la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados llama "etapa experimental y etapa piloto", lo que significa que en los campos de cultivo deben

existir medidas de bioseguridad como barreras físicas, químicas o biológicas que limiten su contacto con la población y con los ecosistemas tanto naturales como manejados. Además, las plantaciones deben estar sujetas a monitoreo y vigilancia, de tal manera que se puedan minimizar los riesgos y los posibles daños de orden social o económico que puedan generar.

En nuestro país, el algodón modificado es el OGM con mayor número de plantaciones (46% del algodón sembrado en 2006 fue de este tipo), seguido por el maíz y la soya. En el caso particular del maíz genéticamente modificado, la discusión sobre la conveniencia de sembrarlo en nuestro país es muy importante, pues al ser México su centro de origen, tenemos decenas de variedades tradicionales y parientes silvestres (hasta el momento se han encontrado al menos 59 razas de este cereal) dispersos por todo el territorio que podrían sufrir las consecuencias por la siembra de maíz genéticamente modificado. Si a esto le agregamos que una parte de nuestros valores culturales, simbólicos y espirituales están basados en su consumo, los posibles efectos negativos podrían cobrar una mayor dimensión.

¿Qué pensar entonces de los OGM, héroes o villanos? Lo más prudente es, sin duda alguna, señalar que aún no estamos en posibilidades de ofrecer una respuesta contundente en uno u otro sentido. Por un lado, no es posible generalizar las ventajas de su uso y liberación al ambiente; y por el otro, tampoco se conocen con precisión todos los riesgos que implica su presencia en él. Ambas posiciones dependen de muchos factores, como por ejemplo, el tipo de organismo modificado y la modificación genética que se realizó, el lugar de su liberación, las relaciones que tengan con otras especies y las medidas de seguridad que

se tomen para evitar que se diseminen a sitios no deseados. Debido a que no se cuenta con suficiente información sobre lo que pasaría a partir de su presencia en el ambiente y en la sociedad, es muy importante que existan especialistas que desarrollen investigaciones que ayuden a resolver todas estas interrogantes: ¿te gustaría ser uno de ellos?

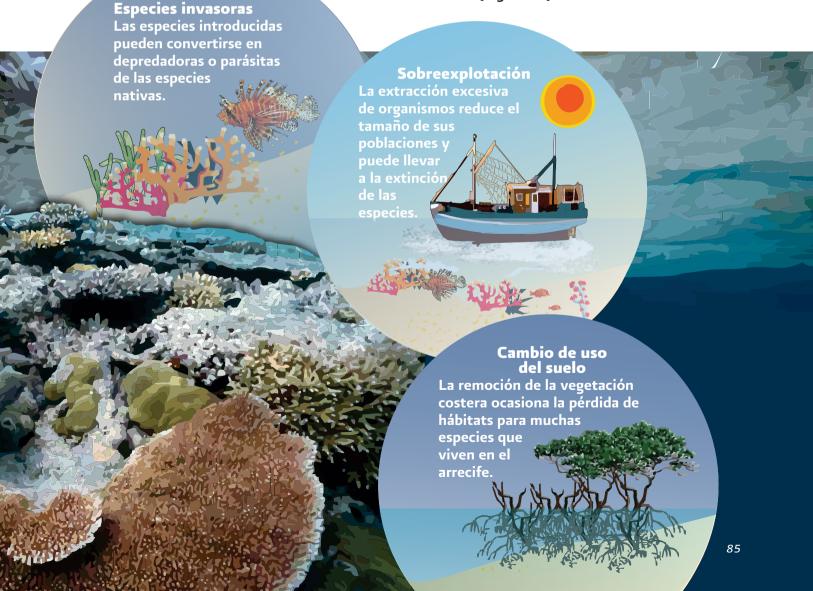
Aunque las amenazas a la biodiversidad las hemos descrito separadamente, la realidad es que frecuentemente actúan más de una a la vez, incrementando sus efectos negativos.



Por ejemplo, los ecosistemas costeros podrían verse muy afectados por la construcción de un complejo hotelero. En la zona de playa, al quitar los manglares se pierden una gran cantidad de hábitats para las especies residentes y para las que pasan una parte de su ciclo de vida en ellos, como muchos peces de los arrecifes de coral. Otra consecuencia negativa sería el deterioro de la calidad del agua de lluvia que escurre al mar, ya que al no haber vegetación que retenga el suelo, arrastrará una mayor cantidad de sedimentos que viajarían hasta el mar, enturbiando sus aguas y dañando las algas zooxantelas que viven en los corales y que dependen de la luz para su supervivencia. En ecosistemas degradados como

éstos, las especies invasoras se establecerán más fácilmente, dañando las relaciones entre las especies ya de por sí afectadas por las otras amenazas.

Si panorama agregamos le sobreexplotación de las especies de importancia comercial (como peces, crustáceos o moluscos) y el comercio ilegal de la biodiversidad (por ejemplo, en forma de conchas, corales y caballitos de mar que se venden como souvenirs) o la contaminación que generan los visitantes en la playa, el resultado es una disminución de la calidad de los ecosistemas, lo cual, a fin de cuentas, lleva a la reducción de su biodiversidad y de la provisión de sus servicios ambientales. Cuando la calidad y cantidad de éstos disminuye de manera considerable, también se ve afectada la calidad de vida de la población que depende directamente de ellos (Figura 52).



¿Cuál es la situación de la biodiversidad?

¿Cuál es la situación de la biodiversidad?

Después de conocer la magnitud y el valor de la biodiversidad, con todos esos aspectos que nos maravillan y sorprenden, así como la larga lista de factores que la amenazan, ahora describiremos su situación tanto en México como en el mundo. Debemos comenzar por decirte que desafortunadamente las noticias que tenemos no son precisamente buenas. Aunque hay lugares donde los ecosistemas están en buenas condiciones, especies que al parecer no tienen ningún riesgo y otras que se han recuperado después de haber estado amenazadas. términos generales la biodiversidad del mundo ha sufrido un profundo deterioro, y más preocupante aún es el hecho de que las tendencias que podemos observar del estado de la biodiversidad tampoco son favorables.

Hacer una descripción de la situación de todos los ecosistemas y especies del planeta sería imposible y no es la intención de este libro, por lo que seleccionamos la información que consideramos más importante e ilustrativa, así como algunos ejemplos que nos servirán para darte una buena idea de la situación global de la biodiversidad. Para ir por orden, primero te describiremos la situación de los bosques, selvas, arrecifes y otros ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, luego la de las especies y, finalmente, lo que sabemos sobre el tercer componente de la biodiversidad: la diversidad genética.

ECOSISTEMAS

En el año 2005 se publicó la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, sin duda el trabajo más ambicioso realizado hasta el momento para analizar la situación de los ecosistemas en el mundo. La primera conclusión del trabajo fue

contundente: "... la pérdida y transformación de los ecosistemas en los últimos 200 años es la más importante que se tenga registrada, al menos en los últimos 50 000 años, y es la mayor desde la aparición del hombre." Por si fuera poco, en ese mismo informe se señala que en los últimos 50 años los seres humanos hemos transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en cualquier otro periodo comparable de la historia humana. Vayamos pues a conocer los detalles.

ECOSISTEMAS TERRESTRES

Comencemos con los ecosistemas forestales, esto es, bosques, selvas y demás ambientes donde los árboles son la forma de vida más conspicua. Según el último reporte de la Evaluación de los Recursos Forestales del Mundo, el área total de la Tierra cubierta actualmente por bosques y selvas es de alrededor de 4 000 millones de hectáreas, aproximadamente 31% de la superficie total terrestre del planeta. Aunque no sabemos con exactitud cuál fue la superficie original de los ecosistemas forestales en el mundo, se calcula que hace unos 8 000 años, antes de que los humanos la transformaran, la superficie boscosa era de unas 6 200 millones de hectáreas; esto significa que el planeta ha perdido una tercera parte de sus bosques y selvas.

Para tener una idea completa de la situación y del peligro que corren los bosques, además de la superficie remanente debemos conocer qué tan rápido se están perdiendo. Según este mismo reporte, en el último lustro cada año se transformaron a terrenos agrícolas, pecuarios y urbanos unas 13 millones de hectáreas en promedio. Afortunadamente no todo ha sido pérdida, también se han recuperado superficies boscosas ya sea por reforestación (que en términos técnicos se conoce como aforestación) o recuperación natural. Mediante estos procesos se incorporaron cada año unas 5.2 millones de

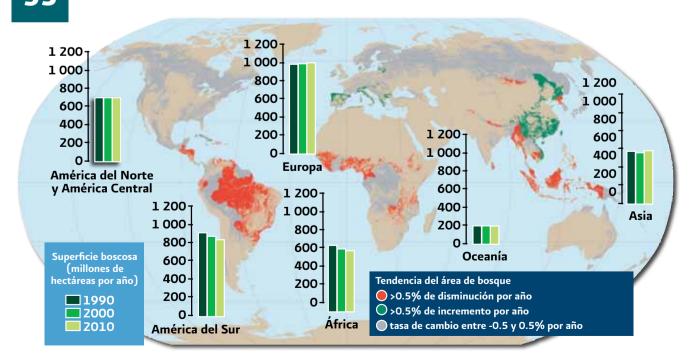
hectáreas; así que haciendo cuentas (sumando lo que se pierde y lo que se recupera de bosques), la deforestación neta del mundo para el periodo 2005-2010 era de unas 7.8 millones de hectáreas anuales. Para darte una mejor idea de lo que esta superficie significa, es como si en un año se perdiera definitivamente una superficie de bosques y selvas equivalentes al territorio de Panamá o un poco más que todo el estado de Chiapas. Esto ya suena más preocupante, ¿no crees?

Las zonas en el mundo donde se están perdiendo a mayor velocidad los bosques y las selvas son la cuenca del Amazonas en Sudamérica, Centroamérica, África Central, el sur de Asia y las islas del norte de Oceanía (Figura 53). Las "buenas" noticias provienen de Europa y China, donde se están recuperando algunos bosques; en el primer caso, por la regeneración de bosques en terrenos agrícolas que dejaron de cultivarse, y en el segundo, por un extenso programa de

reforestación que se puso en marcha para detener el grave problema de deforestación y degradación de suelos que experimentaba ese país.

La situación de otros ecosistemas no boscosos como los matorrales de las zonas áridas y desérticas, los pastizales, la vegetación de dunas y otros tipos de vegetación, no es tan bien conocida, pero de acuerdo con la información que tenemos, no les va mejor que a los bosques. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 25% de su superficie original ya fue transformada a terrenos agrícolas y otro 10% a otros usos (incluido el urbano), lo que significaría que, en el mejor de los casos, aún quedaría un 65% de su superficie original. Sin embargo, como en una parte importante de estos ecosistemas se deja libre al ganado para que se alimente de la vegetación natural, su grado de conservación es variado. Algunas estimaciones conservadoras señalan que su superficie degradada¹³ podría oscilar entre el 20 y 30%, aunque algunas cifras más pesimistas señalan que pudiera alcanzar hasta el 70%.

Cambio en la superficie de bosques en el mundo, 1990-2010



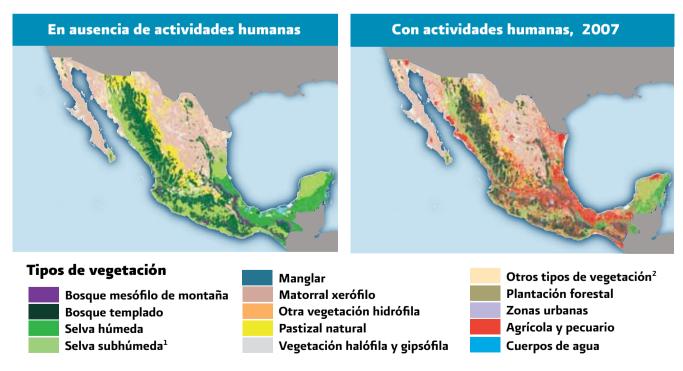
¹³La degradación de los ecosistemas, aunque no implica la remoción total de la vegetación (como ocurre en el caso de la deforestación), conlleva a la pérdida de especies y afecta el funcionamiento de los ecosistemas.

En el caso de nuestro país, la pérdida y deterioro de los ecosistemas terrestres naturales es también de llamar la atención. Para el año 2007, habíamos convertido alrededor del 29% de nuestro territorio continental en zonas agrícolas, ganaderas y urbanas. En la Figura 54 podrás ver los cambios que han sufrido los principales tipos de vegetación del país. En el primer mapa se muestra la vegetación potencial, que es aquella que podríamos haber encontrado en México en ausencia de actividades humanas; en el segundo, se muestra la que teníamos en el año 2007. Como podrás apreciar, en ese último año el color rojo, que representa la transformación de ecosistemas naturales a terrenos agrícolas y ganaderos, es muy evidente. La región de la vertiente del Golfo, que incluye a estados como Veracruz, Tamaulipas y Tabasco, así como zonas del centro del país de los estados de Tlaxcala, México, Puebla, Hidalgo y el Distrito Federal, son las que muestran una mayor transformación de sus ecosistemas. En contraste, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Quintana Roo, Sonora y Coahuila conservan una parte importante de su vegetación natural.

Si hablamos de tipos de vegetación particulares, México ha perdido cerca del 35% de la superficie que originalmente ocupaban sus ecosistemas arbolados. Las selvas han resultado más afectadas y ya sólo quedan alrededor del 58% de las originales, aunque en algunas zonas, su pérdida es mucho mayor. Un caso muy ilustrativo es lo ocurrido en la selva de Los Tuxtlas, en el estado de Veracruz (Figura 55), que además de la reducción en su superficie, muestra un proceso de fragmentación muy marcado que compromete seriamente la viabilidad futura de estos ecosistemas en la zona.



Vegetación potencial y actual en México



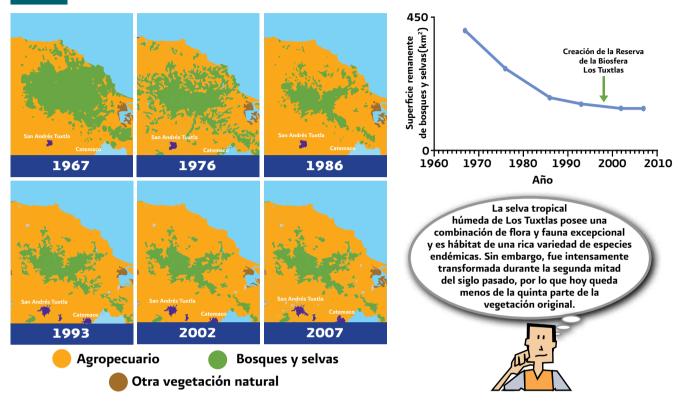
Nota:

¹Incluye a las selvas caducifolias y subcaducifolias.

²Incluye: palmar natural e inducido, vegetación de dunas costeras, chaparral, matorral submontano, sabana y sabanoide.

FIGURA 55

Deforestación en la región de Los Tuxtlas, Veracruz



Los bosques templados, como los de oyamel, pino y encino han sufrido también una pérdida importante que ronda el 27% de su superficie original, aunque en algunas zonas –como el centro del país–, su reducción ha sido mucho mayor. Los bosques de niebla, también llamados mesófilos, que sólo se distribuyen en condiciones muy particulares de alta humedad atmosférica en las laderas de las cordilleras y que se caracterizan por una riqueza muy alta de especies, hoy sólo ocupan aproximadamente el 60% de su superficie original. Otros ecosistemas con una distribución muy restringida, como los manglares, también han sufrido pérdidas muy importantes.

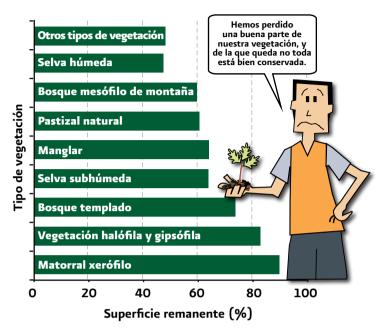
Los matorrales (vegetación dominada por arbustos) y otros tipos de vegetación xerófila (esto es vegetación típica de los desiertos y zonas áridas, cuyas especies toleran condiciones de escasez de agua), si bien no han sufrido pérdidas tan grandes en su cobertura como los bosques

y selvas, tampoco se han librado de la mano del hombre. Para el año 2007, aproximadamente el 40% de los pastizales naturales y el 10% de los matorrales xerófilos se habían transformado a terrenos de cultivo y otros usos del suelo. En la Figura 56 podrás ver un resumen de lo que aún conservamos de los principales tipos de vegetación en México.

La pérdida de cerca del 29% de la vegetación natural parecería no ser tan grave, pero para valorar el daño a la biodiversidad debemos considerar también su grado de deterioro. Recordemos que cantidad no significa forzosamente calidad. El hecho de que veamos una zona cubierta por árboles o arbustos no significa que no haya sido o sea afectada por alguna amenaza. No todas las selvas, bosques y otros ecosistemas del mundo están intactos o sin signos evidentes de deterioro. De muchos se han extraído algunos de sus recursos (como madera, tierra de monte, plantas

FIGURA 56

Vegetación remanente en México, 2007



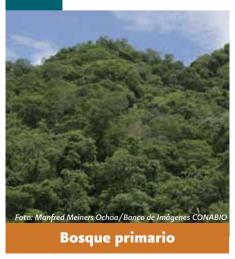
o animales), se cría ganado, se han introducido especies de plantas y animales, o son el resultado de la recuperación natural después de haber sido talados, aunque no se haya reestablecido la vegetación original. Por ello, aunque esos ecosistemas parecen originales, en realidad si los observamos con cuidado, veremos que tienen diferencias con respecto a los conservados.

Quizá la principal diferencia es que los ecosistemas degradados o recuperados son más simples; por ejemplo, estos bosques y selvas tienen generalmente menos especies que la vegetación original o primaria, ya que muchas de las que normalmente los habitan están ausentes. En términos formales se dice que esta vegetación está en una condición secundaria (Figura 57). En estos ecosistemas, la calidad y cantidad de hábitats que hay para las especies, las interacciones entre ellas y los ciclos de nutrimentos, entre muchas otras cosas, no ocurren de la misma manera que en un bosque o selva original y, por supuesto, la calidad de los servicios ambientales también es diferente. De los bosques y selvas remanentes en el mundo, sólo alrededor del 36% están en condiciones prístinas, o al menos sin alteraciones evidentes. En el caso de México, de las selvas remanentes sólo el 35% de su superficie se considera primaria o sin deterioro evidente, mientras que de los bosques sólo el 65% se encuentra en esta condición.

Para el caso de los matorrales, pastizales y demás vegetación no arbórea, aunque buena parte de ellos no hansido transformados completamente, se utilizan cotidianamente para labores pecuarias. La ganadería extensiva que se practica mayormente en la parte norte y centro del país ya ha afectado considerablemente a estos ecosistemas. El ganado selecciona para su alimentación aquellas plantas más apetecibles y de fácil acceso, lo que provoca

57

Apariencia de bosque natural primario y secundario





que las plantas no seleccionadas (por ejemplo, por su sabor desagradable o presencia de espinas) sean las más abundantes. Por si esto no fuera importante, el constante pisoteo ocasionado por el ganado afecta también la capacidad de infiltración del agua en el suelo, que se traduce en que, incluso con lluvias ligeras, el agua escurra superficialmente, erosionándolo. Si consideramos que la ganadería se practica en al menos el 56% del país (afectando tanto superficies boscosas como desérticas) te imaginarás que los daños no son nada despreciables.

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

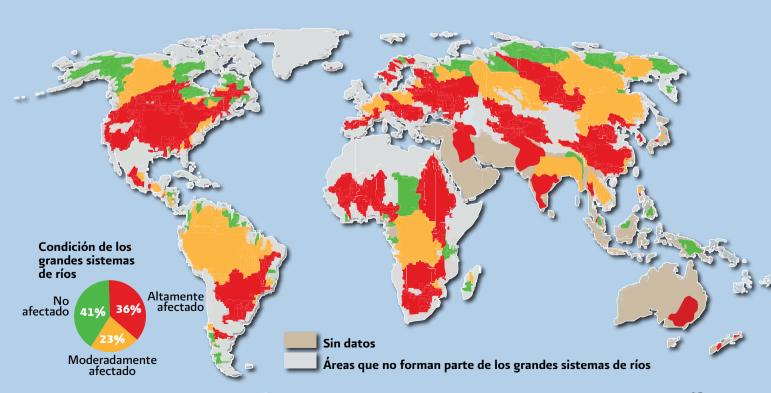
Las sociedades humanas siempre han dependido de los ríos, lagos y demás cuerpos de agua continentales para obtener agua, extraer alimentos y, en muchos casos, para eliminar sus desechos. Como es de esperarse, todas estas presiones han afectado su integridad, y con ello, su biodiversidad y el mantenimiento mismo de los servicios ambientales que ofrecen.

La alteración de los cauces y flujos naturales de los ríos debido a la construcción de presas, embalses y canales de riego, la sobreexplotación del agua, la contaminación provocada por las descargas que provienen de las actividades agrícolas, zonas urbanas e industrias, así como la presencia de especies invasoras, son las principales causas del deterioro de estos ecosistemas (ver el capítulo ¿Qué amenaza a la biodiversidad?). En general, el grado de amenaza que sufren los ríos y lagos a lo largo del mundo es mayor que el de los ecosistemas forestales o costeros.

En un estudio publicado en el 2005, se evaluó la integridad de 292 de los principales ríos de todo el mundo. Según este estudio, 36% de ellos estaban fuertemente afectados por fragmentación o alteración de su flujo debido fundamentalmente a la construcción de presas, 23% se encontraba con afectaciones moderadas y sólo 41% no tenía alteraciones considerables, por lo que se consideraron no afectados (Figura 58).

FIGURA 58

Condición de los principales sistemas de ríos del mundo

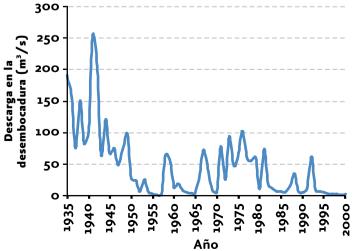


Dentro de los ríos más afectados por la fragmentación y regulación de su flujo están el Yangtsé –el río más grande de China– en gran parte debido a la construcción de la presa de Las Tres Gargantas; el río Mississippi en América del Norte, el río de La Plata en Sudamérica, el Volga en Europa y el Nilo en África. Desafortunadamente, en México también tenemos ríos muy afectados, como los de las cuencas del río Balsas y el río Grande Santiago.

Entre los ríos que se encuentran aún bien conservados están los que se ubican principalmente en las regiones de la tundra de Alaska, el norte de Canadá y Rusia, y en menor proporción en el centro de África en la región del río Congo, y en las costas de Sudamérica en los ríos Amazonas y Orinoco.

En México, un ejemplo muy ilustrativo del efecto de la fragmentación y regulación que se hace del caudal de un río está, en el Bravo. En la Figura 59 puedes observar cómo se ha reducido significativamente su descarga de agua al Golfo de México. La construcción de presas en su cauce y la extracción de agua para uso agrícola y urbano tanto en México como en Estados Unidos han provocado que en algunos momentos su

Agua descargada por el río Bravo en su desembocadura



cauce esté prácticamente seco y no descargue agua al mar. Desafortunadamente no es el único caso, muchos ríos en el país tienen obras de infraestructura que han alterado el flujo normal del agua. ¿Te imaginas cómo la están pasando los peces, las plantas y otras especies en estos ríos?

Otro caso dramático de alteración de ríos y lagos se dio en el Valle de México, pues sus lagos fueron prácticamente desecados y la mayoría de los ríos entubados y utilizados como drenaje. No es extraño entonces que animales tan emblemáticos como los ajolotes y algunos peces nativos de esta zona estén en peligro de extinción (Figura 60). De hecho, de las once especies de peces de agua dulce extintas en México, tres habitaban este valle en las cercanías de Teotihuacán. A nivel mundial uno de los casos mejor documentados de los efectos de la extracción masiva de agua y la descarga de contaminantes es el del mar Aral y los ríos que lo abastecen en el centro de Asia (Recuadro Mar Aral: crónica de un desastre).



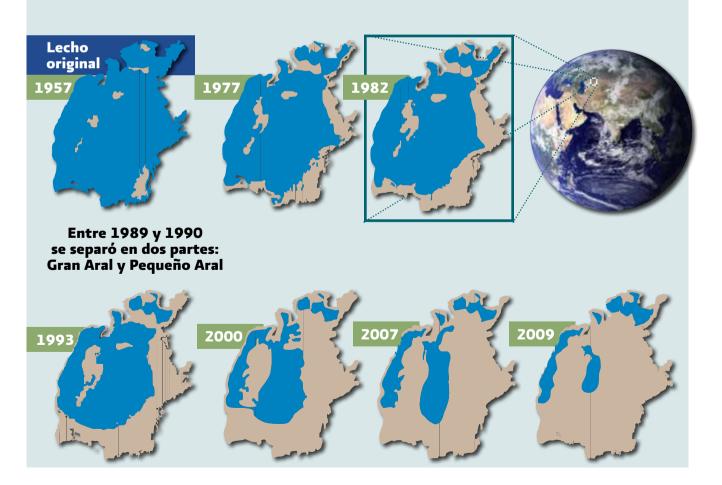
La presión que estos factores han ejercido sobre los ecosistemas acuáticos condujo inevitablemente a la pérdida de muchas de las especies que los habitaban. A nivel mundial hay más especies de agua dulce en peligro de extinción que en los

Mar Aral: crónica de un desastre

El mar Aral, localizado en el centro de Asia, fue en algún momento el cuarto lago interior más grande del mundo. Tenía una extensión de 68 000 kilómetros cuadrados y un volumen de alrededor de 1 100 kilómetros cúbicos que se nutría de las aguas de dos importantes ríos: el Sir Daria y el Amu Daria. Durante la primera mitad del siglo pasado, ante la necesidad de producir alimentos para la ex Unión Soviética, se desvió parte del caudal de estos ríos para abastecer enormes zonas de riego productoras de melón, algodón, arroz y otros cereales; esta labor se acentuó al terminar la Segunda Guerra Mundial para hacer de las extensas estepas del Asia central, gigantescos campos de algodón.

La extracción de agua de estos ríos fue tan intensa, que a principios del siglo XXI ya llegaba al mar Aral menos del 6% de su descarga original. La falta de agua rápidamente causó estragos en este ecosistema y sus consecuencias se hicieron evidentes. En pocos años, su superficie se había reducido en 60%, su volumen en casi 80% y su profundidad en al menos dieciséis metros. La intensa evaporación del agua provocó también que la salinidad de uno de los lagos

Disminución de la extensión del mar Aral, 1957-2009



RECUADRO

Mar Aral: crónica de un desastre

que se formaron fuese mucho más alta que la del mar. Por si esto fuera poco, tiene además graves problemas de contaminación producto del arrastre de los agroquímicos usados en las labores agropecuarias en las cuencas de captación.

Si una persona estuviera parada hoy en lo que fue el límite del mar Aral a principios del siglo XX, se sorprendería al saber que los kilómetros y kilómetros de tierras salinas que estaría viendo estuvieron cubiertos hasta hace poco por las aguas del mar. Imagínate, en algunas zonas el borde actual está a ¡más de 100 kilómetros de distancia!

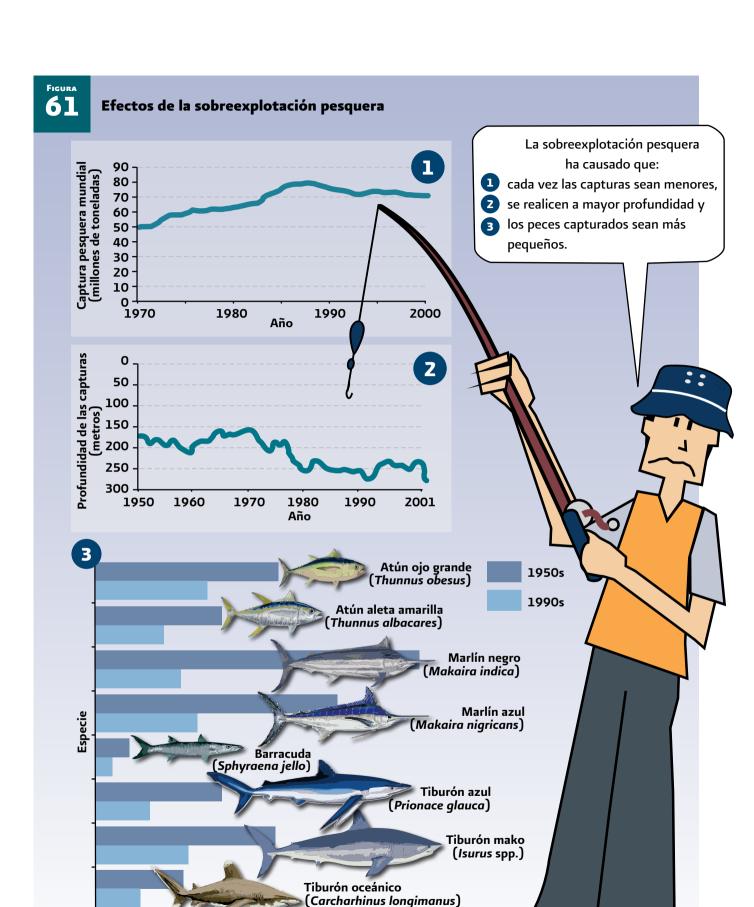
No nos debería extrañar que con este grado de deterioro, las pesquerías que alguna vez existieron hayan desaparecido, junto con la mayor parte de la flora y la fauna nativa. La pesca, que en algún momento llegó a ser de cerca de 40 000 toneladas al año, prácticamente se colapsó. Para agravar más el problema, la desecación de este mar también ha ocasionado cambios en el clima local, al grado que se ha registrado una disminución de la humedad del aire en 25%, lo que ha acentuado el proceso de desertificación y la pérdida de productividad de los cultivos

ambientes terrestres o marinos. Según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), existen en el mundo 3 676 especies de agua dulce listadas como vulnerables, amenazadas o extintas. De éstas, 1 092 son peces y 1 073 corresponden a anfibios. La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 registra, con algún grado de amenaza, 204 especies de peces, 194 de anfibios y 56 de reptiles de ambientes acuáticos.

Con respecto a los ecosistemas marinos tampoco tenemos buenas noticias. Un indicador muy útil sobre cómo se encuentran estos ecosistemas y del que se cuenta con buena información, es la situación de las actividades pesqueras. Si las poblaciones de las especies pesqueras están en buenas condiciones, se considera que los ecosistemas marinos de los que forman parte están sanos. Los efectos más evidentes de la sobrepesca son los cambios en la abundancia de las especies

de interés comercial, en la talla promedio de sus individuos y en la distribución de las poblaciones que se capturan. Una población que está siendo sobreexplotada se vuelve menos abundante; al ser selectiva hacia individuos grandes, la pesca reduce el tamaño promedio de los ejemplares que sobreviven; y frecuentemente para mantener la cantidad de peces u otros productos que se extraen, se tiene que recurrir a explotar otras zonas de su distribución, frecuentemente más profundas o alejadas de la costa.

Como podrás notar en la Figura 61 la pesca mundial muestra las señales típicas de deterioro. La captura de especies marinas en el mundo ha disminuido a partir de mediados de los años ochenta; también se ha reducido la talla promedio de los ejemplares de muchas de las especies que se capturan (como el atún, el marlín y la barracuda). Sumado a ello, los peces capturados provienen cada vez de profundidades mayores.



Peso corporal promedio (kilogramos)

6Z

Corales que están en la lista de especies en riesgo





Según la FAO, en 2008, de las 523 poblaciones pesqueras de las que se tiene información a nivel mundial, 28% estaban sobreexplotadas, 52% se encontraban en lo que se conoce como punto de explotación máxima sostenible (que significa que ya no es posible extraer más productos pues causaría un daño severo a la población) y sólo el 20% se encontraba por debajo de su nivel máximo y podría incluso incrementarse su explotación. ¿No crees que conociendo el estado de los recursos pesqueros sería conveniente repensar eso de que el mar es una fuente inagotable de recursos?

Dentro de los ecosistemas marinos, los arrecifes de coral son quizá los más conocidos por su belleza y diversidad. No es casualidad que en las películas ambientadas en mares y oceános, los corales y sus especies acompañantes, incluidos los peces multicolores, sean los actores principales. Los arrecifes de coral pueden ser tan grandes que incluso forman islas. El arrecife de mayor tamaño que se conoce es la Gran Barrera Arrecifal, al noreste de Australia, que mide más de 2 000 kilómetros cuadrados. México comparte con algunos países centroamericanos el segundo sistema arrecifal más grande, ubicado frente a las costas del mar Caribe, el Sistema Arrecifal Mesoamericano.

Muchas actividades humanas sus consecuencias, dañan directa o indirectamente a los arrecifes: la pesca, la contaminación, el turismo, el calentamiento global, e incluso, las actividades agrícolas. Por estas y otras causas, los corales están muriendo alrededor del mundo y son reemplazados por comunidades de algas oportunistas más resistentes. Para muestra un botón: según algunos estudios sobre la situación de los arrecifes coralinos, el daño o reducción de la cobertura de corales vivos en algunas zonas de El Caribe entre el año 1977 y el 2001 fue de entre 80 y 90%. A nivel mundial la afectación estimada fue de alrededor del 60%. De tal magnitud ha sido la presión sobre los corales, que dos de sus especies más importantes, Acropora palmata y A. cervicornis (llamados comúnmente cuernos de alce y cuernos de ciervo, respectivamente) están ahora en los listados de riesgo (Figura 62). Según la lista roja de la UICN, el 27% de las especies de coral que forman arrecifes están clasificadas como amenazadas.

Si a las especies formadoras de arrecifes no les va bien, a las asociadas a ellas tampoco. Por ejemplo, las esponjas de uso comercial de los arrecifes de La Florida han reducido sus poblaciones en 89%; en la región de El Caribe, la población de una especie de erizo de mar decreció en 92% y la densidad de peces arrecifales en 90%. Mención aparte merecen las tortugas marinas: la verde (Chelonia mydas) y la carey (Eretmochelys imbricata) que redujeron sus poblaciones hasta en un 99% en algunos arrecifes de El Caribe (Recuadro Las tortugas marinas de El Caribe: un futuro incierto).

Otros ecosistemas marinos, quizá no tan conocidos pero también muy importantes, son las llamadas praderas de pastos marinos (Figura 63). Están formados principalmente por plantas de los géneros *Zostera*, *Posidonia* y *Thalassia* y son de los ecosistemas más productivos del planeta; crecen tan rápido que su producción es comparable con la de cultivos como la caña y el maíz.

Estos ecosistemas, aparentemente muy simples, juegan un papel importante para mantener el equilibrio en los ecosistemas costeros tropicales. Las praderas marinas proveen alimento y son sitios de reproducción y crianza de muchas especies, incluidas algunas de gran valor

comercial, como las langostas. Algunos pastos marinos son alimento de especies carismáticas y a ellas deben sus nombres, como la hierba de tortuga (*Thalassia testudinum*) y la hierba manatí (*Syringodium filiforme*).

En 2009 se publicó un estudio sobre el estado de las praderas marinas a partir de 215 sitios alrededor del mundo, utilizando registros desde 1879 hasta el 2006. Los resultados no fueron nada alentadores: el 58% de los sitios examinados mostró una reducción evidente ya sea en la densidad de la población de pastos o en la superficie que ocupaban. Haciendo cuentas, la pérdida total estimada de la superficie cubierta por praderas marinas para las zonas de estudio fue de 51 000 kilómetros cuadrados; esto significa que en 2006 las praderas marinas cubrían un 70% de su superficie 130 años atrás, sin contar que muchas de las que aún persisten muestran claros síntomas de deterioro (Figura 64).

Otro signo del deterioro de los ecosistemas marinos son las llamadas zonas muertas, resultado de la eutrofización de las aguas marinas. Este fenómeno se explicó en el capítulo de ¿Qué amenaza a la biodiversidad? en el apartado

63

Las praderas de pastos marinos son uno de los ecosistemas más productivos del planeta



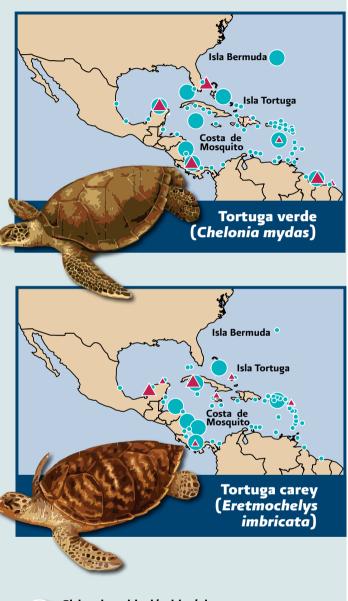
RECUADRO

Las tortugas marinas de El Caribe: un futuro incierto

Antes de la llegada de los europeos al continente americano, dos especies de tortugas marinas, la verde (Chelonia mydas) y la carey (Eretmochelys imbricata) eran muy abundantes en El Caribe, con poblaciones que alcanzaban millones de ejemplares. Pero la explotación para aprovechar su carne, caparazón y huevos, combinada con la destrucción de sus sitios de anidación y la afectación indirecta por las pesquerías de camarón y otras especies, las han llevado hoy en día a estar en serio peligro de extinción. La reducción de sus poblaciones en esta zona es tan grande que se calcula que en la actualidad no llegan al 1% de las que anteriormente existían.

Si la reducción en el número de tortugas adultas es preocupante, esto no refleja completamente la gravedad del problema que enfrentan estas especies. Según un reporte del Centro para la Biodiversidad y la Conservación Marina de California, en los Estados Unidos, también ha habido una disminución muy importante en los sitios de desove: diecisiete de los principales sitios de anidación de la tortuga verde y siete de la carey han desaparecido completamente y cerca de la mitad presentan un deterioro importante, principalmente por causa del desarrollo urbano y turístico. Entre los sitios de anidación que se han perdido están los de las islas Bermuda y Tortuga y los de la Costa de Mosquito en Nicaragua, de gran importancia para la conservación de estos reptiles marinos. 🌹

Cambios en los sitios de anidación y en el número de tortugas anidadoras en El Caribe





Sitios de anidación histórica que contaron con más de 130 000 adultos por año



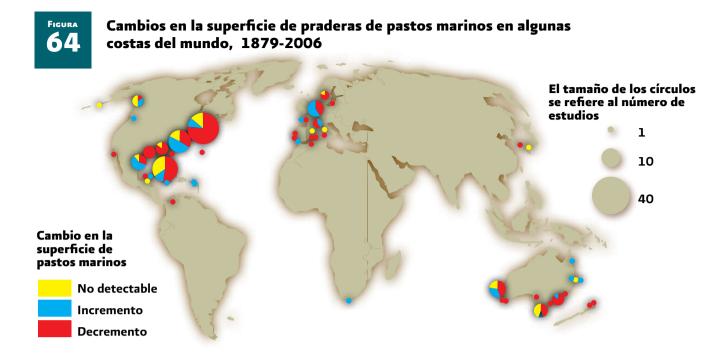
Sitios de anidación histórica que contaron con aproximademente 13 000 adultos por año



Sitios de anidación actual que cuentan con más de 500 adultos por año

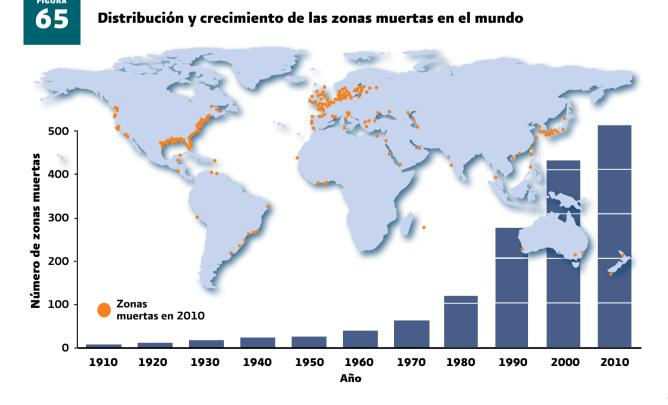


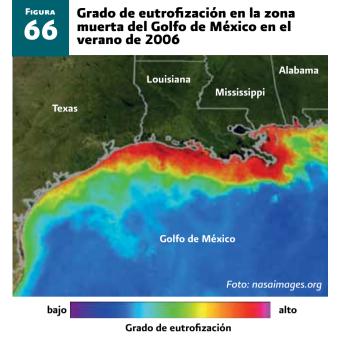
Sitios de anidación actual que cuentan 100 a 500 adultos por año



sobre la contaminación del agua. Su principal característica es la baja concentración de oxígeno disuelto que ocasiona la muerte de muchos organismos. En la actualidad se han detectado más de 400 de estas zonas en el mundo, la mayoría formadas de 1950 a la fecha (Figura 65).

Uno de los casos mejor conocidos es la zona muerta del Golfo de México, que se forma como consecuencia de los aportes de nutrientes del río Mississippi en los Estados Unidos y que ha llegado a alcanzar una superficie de hasta 22 000 kilómetros cuadrados, es decir, una extensión cercana a la que tiene, por ejemplo, Belice (Figura 66).





¿Cómo vamos con las especies?

Después del recorrido que hicimos sobre la situación de los ecosistemas, no debería extrañarnos que las poblaciones de especies de plantas, animales, hongos y demás seres vivos no la estén pasando muy bien. Pero antes de empezar con los datos sobre las especies extintas y amenazadas es importante hablar un poco del fenómeno de extinción para poner en su justa dimensión lo que en la actualidad estamos viviendo.

Así como la vida de cualquier organismo termina con su muerte, la de cualquier especie de planta, animal o microorganismo culmina con su extinción. En efecto, las especies no permanecen indefinidamente en la Tierra: aparecen y tarde o temprano, se extinguen; mientras que otras dan origen a nuevas especies. En el registro fósil se pueden encontrar muchas evidencias de la existencia de numerosas especies que vivieron en el pasado. De hecho, se calcula que el número de especies que hoy habita la Tierra representa menos del 5% de las que han existido a lo largo de su historia. Así pues, la extinción es un fenómeno relativamente frecuente y seguramente conoces

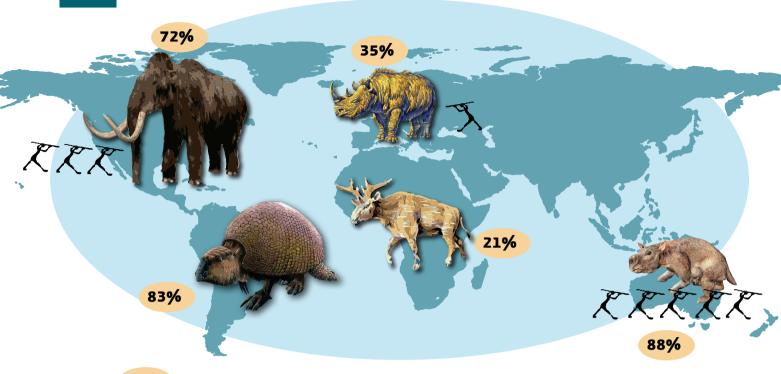
más de un ejemplo de animales ahora extintos: trilobites, dinosaurios, pterodáctilos, mamuts y tigres dientes de sable son sólo algunos de los ejemplos más famosos.

El hecho de que de manera natural ocurran extinciones no le resta importancia a lo que ahora estamos viviendo. Muchos científicos argumentan que como consecuencia de la actividad humana, la vida en la Tierra ha entrado a la sexta gran extinción (si te interesa conocer más sobre las extinciones y sus causas te recomendamos revisar el Recuadro Las grandes extinciones y sus causas). La primera fase de esta nueva extinción comenzó hace unos 50 000 o 100 000 años cuando la especie humana moderna inició su expansión sobre el planeta. No se sabe a ciencia cierta el número de especies que se extinguieron, pero para darte una idea de su importancia, se calcula que en esta fase desaparecieron cerca del 72% de los géneros de mamíferos grandes (de más de 44 kg de peso) de América del Norte, 83% de los de Sudamérica y porcentajes también altos en Europa, África y Australia (Figura 67).

La segunda fase comenzó hace unos 10 000 años y está asociada con la Revolución Agrícola, con cambios en el uso del suelo y la caza indiscriminada. También se tienen registros de extinciones de especies mucho más recientes asociadas a la presencia de humanos, principalmente en islas. Un caso bien documentado y dramático ocurrió en Madagascar, donde se extinguieron siete de los diecisiete géneros de primates de la isla, además de varias especies de aves, de las que el ave elefante fue la más conspicua: un ave corredora que no volaba, similar al actual avestruz, pero de mucho mayor tamaño (Figura 68). Según los registros, esta ave era la segunda más alta de las que han vivido en la Tierra (la primera fue la moa gigante también extinta por causa humana y que vivía en las islas de Nueva Zelanda).



Extinciones de mamíferos grandes en el mundo a finales del Cuaternario



K

Importancia de la influencia humana en la extinción de los géneros de mamíferos grandes.

Porcentaje de géneros de mamíferos grandes (mayores a 44 kg) que se extinguieron durante el Cuaternario.

68

El ave elefante que vivía en Madagascar se extinguió por causas humanas en el siglo XVII



La tercera fase de la sexta gran extinción es la que estamos viviendo hoy día y está asociada con una transformación muy intensa de los ecosistemas naturales, tanto para utilizarlos en labores agrícolas y ganaderas, como para extraer otros muchos recursos naturales.

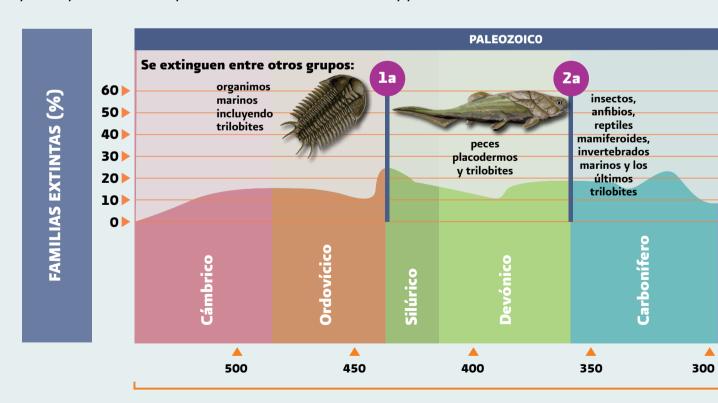
Según la Lista Roja 2011 de la UICN, el número de especies consideradas extintas del año 1500 a la fecha suma 797: 87 de plantas, 325 de vertebrados y 385 de invertebrados. Las aves son los vertebrados que más especies tienen en la lista, con 132 especies extintas. Si examinamos en dónde han ocurrido las extinciones notamos dos patrones generales: el primero es que las extinciones han sido más frecuentes en ambientes tropicales y el segundo es que la extinción se ha concentrado en las islas (Figura 69).

Las grandes extinciones y sus causas

¿Por qué especies aparentemente tan exitosas como los dinosaurios desaparecen? La respuesta es que las especies dejan de existir de forma natural cuando no se adaptan más al medio en el que viven o por contingencias naturales, erupciones volcánicas, meteoritos y terremotos, entre otros factores. Lo complicado es entonces descubrir qué cambios ocurrieron en su ambiente y por qué las afectaron.

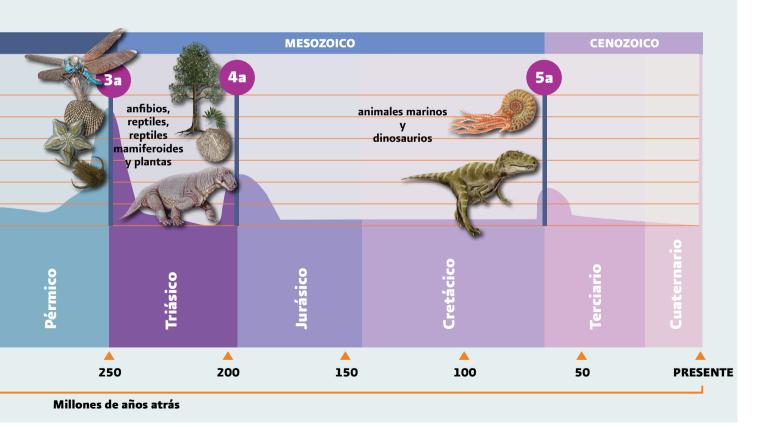
Las estimaciones hechas a partir del registro fósil indican que la vida promedio de una especie oscila entre 5 y 10 millones de años, con un intervalo que va desde 1 hasta 13 millones de años. Sin embargo, se tiene bien documentado que en el pasado hubo periodos cortos en los que se extinguieron un número muy alto de especies; estos periodos se conocen comúnmente como extinciones masivas. De éstas, destaca el grupo de las Cinco Grandes Extinciones, en las que desapareció, en un lapso relativamente breve, por lo menos el 65% de las especies del planeta, incluyendo animales marinos, peces, insectos, anfibios, mamíferos, aves y reptiles.

En las primeras tres grandes extinciones desaparecieron principalmente organismos marinos, entre los que se encontraban muchas especies de artrópodos (por ejemplo, los trilobites) y corales. Sin embargo, la extinción masiva más famosa –la quinta, que ocurrió hace unos 65 millones de años al final del periodo Cretácico– fue la que puso fin al reinado de 140 millones de años de los dinosaurios y en la que también desaparecieron muchos otros animales y plantas.



La comunidad científica se ha preguntado por mucho tiempo cuáles podrían haber sido los factores que ocasionaron la pérdida tan significativa de la biodiversidad en el pasado. En la actualidad, la hipótesis más aceptada es que fueron varios los factores responsables de estos eventos. Entre los más aceptados están los cambios climáticos –que en determinados periodos geológicos se manifestaron en forma de glaciaciones—; los descensos del nivel del mar que pudieron ocasionar que los ambientes marinos cambiaran drásticamente; y la intensa actividad volcánica, que provocó que millones de kilómetros cúbicos de lava fluyeran hacia la corteza terrestre, incinerando vastas extensiones de terreno y liberando a la atmósfera gases de efecto invernadero que pudieron alterar el clima y ser altamente tóxicos para los organismos.

En el caso particular de la última gran extinción que acabó con los dinosaurios y muchos otros grupos de organismos, se ha sugerido que la causa más probable fue el impacto de un meteorito de unos diez o quince kilómetros de diámetro que formó el cráter de Chicxulub (de cerca de 200 kilómetros de diámetro) al norte de la actual península de Yucatán. Los efectos del impacto modificaron drásticamente las condiciones climáticas, pues una gran parte del material liberado por la explosión se distribuyó por toda la atmósfera, ocasionando un oscurecimiento general que afectó no sólo la fotosíntesis de las plantas, sino que provocó un enfriamiento generalizado.

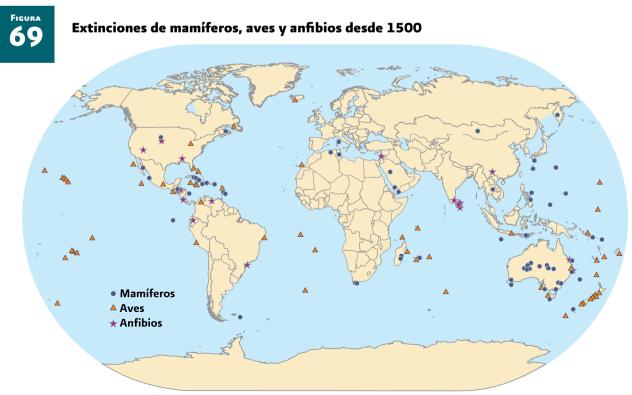


En México se tiene el registro de que, desde el año 1500 a la fecha, han desaparecido de sus ambientes naturales seis especies de plantas y 43 de peces, aves y mamíferos (Tabla 2), entre las cuales se encuentran la foca monje del Caribe (Monachus tropicalis) (ver Recuadro La foca monje de El Caribe: una extinción muy "humana"), el oso gris (Ursus arctos horribilis) y diversas especies de aves, como el caracara de Guadalupe (Caracara plancus lutosus) y el petrel de Guadalupe (Oceanodroma macrodactyla). Hasta mediados del siglo XX, la mayoría de las extinciones en México habían sido causadas por la cacería indiscriminada y por la introducción de especies invasoras; sin embargo, en décadas recientes la destrucción o modificación de los ecosistemas se ha convertido en la principal causa de pérdida de especies.

Alguien podría preguntar por qué tanto escándalo por 791 especies extintas que no representan ni el 1% de las especies descritas actualmente en el mundo. Sin embargo, déjanos decirte que

Z vei	Número de especies de plantas y vertebrados extintas en México y el mundo			
Grupo	Mundo (UICN, 2011)	México (NOM-059- SEMARNAT- 2010)		
Plantas	87	6		
Anfibios	37	0		
Aves	132	19		
Mamíferos	76	11		
Peces	59	13		
Reptiles	21	0		
Invertebrados	385	0		
Total	797	49		

además del número de especies extintas hay dos aspectos preocupantes. El primero es que estas cifras podrían estar muy por debajo de los valores reales, debido a que, a la fecha, no conocemos la totalidad de las especies existentes en el planeta ni su distribución en los ecosistemas del mundo, y mucho menos el estado en el que



La foca monje de El Caribe: una extinción muy "humana"

En el mar Caribe y en el noroeste del Golfo de México vivió la foca monje de El Caribe o foca fraile (*Monachus tropicalis*). Es el único mamífero marino tropical cuya extinción está plenamente asociada a la actividad humana.

Los primeros registros que se tienen de ella surgieron con la llegada de Cristóbal Colón a América, quien rápidamente notó el posible valor económico de su explotación. En sus memorias, Colón escribió que "...en la isla de Santo Domingo había un maravilloso animal tipo foca, al parecer con buena piel que serviría para hacer abrigos....". A partir de entonces comenzó a ser cazada por su piel, su grasa y también para utilizarla como alimento. En una sola noche se llegaban a matar cientos de ellas. Además, durante esa época se generalizó la idea de que era una amenaza para los bancos de peces, por lo que se inició una campaña para exterminarla. En los siguientes siglos fue cazada intensivamente, a tal punto que a finales del siglo XIX ya era muy escasa. Paradójicamente, coleccionistas y "amantes" de la naturaleza contribuyeron a su extinción pues pagaban por tener algunos ejemplares para exhibir en museos y zoológicos.

Al mismo tiempo que era cazada, se incrementó la destrucción de su hábitat por el desarrollo costero, lo que también contribuyó a mermar sus poblaciones. Los registros de la última colonia de focas en la Isla Serranilla, también llamada Banco de Serrana, son de 1952. No obstante, fue hasta 1996 que la UICN la catalogó como formalmente extinta.

La extinción de la foca monje de El Caribe constituye un claro ejemplo de lo que puede ocurrir con otras especies de mamíferos marinos si no se toman las medidas necesarias para su conservación. Por lo pronto, aún sobreviven dos especies de foca monje: la hawaiana (Monachus schauinslandi) y la mediterránea (Monachus monachus), ambas categorizadas como en peligro de extinción.

Cambios en el área de distribución de la foca monje y última colonia registrada



se encuentran sus poblaciones. Esto significa que de aquellos grupos biológicos de los que tenemos menos información –como hongos, organismos microscópicos, gusanos y muchos otros invertebrados, o aquellos que habitan las profundidades marinas— es probable que no sepamos nunca cuántas de sus especies ya han desaparecido. De ahí que sólo se conozca el estado de conservación de los grupos más estudiados y conspicuos, como los mamíferos, aves, reptiles y anfibios, así como de muchas familias de plantas.

El otro aspecto preocupante es que, a pesar de que las extinciones son un fenómeno natural que siempre ha existido y seguirá ocurriendo en el futuro, la velocidad con la que ocurre la pérdida de especies es actualmente mucho mayor que la registrada en los últimos 65 millones de años, esto es, desde la época en la que se extinguieron los dinosaurios. Una estimación conservadora señala que la tasa de extinción actual es entre 10 y 1 000 veces mayor que la calculada a partir del registro fósil.

Los científicos han calculado que tan sólo para el caso de las aves, la tasa de extinción actual de especies podría ser entre 26 y 100 veces mayor que la registrada en ausencia de los impactos causados por la humanidad. Esto quiere decir que, antes de que nuestro modo de vida impactara a los ecosistemas, se podía extinguir una especie de ave cada cien años, mientras que ahora esto ocurriría en menos de cuatro años. A fin de cuentas, lo que nos interesa decirte es que además de las especies extintas, hay muchas otras especies que se encuentran en peligro de extinción y que si no hacemos algo para protegerlas, desaparecerán en los próximos años.

De acuerdo con la Lista Roja de la UICN publicada en 2011, poco más de 19 000 especies, entre animales y plantas, estaban amenazadas en el mundo. Ahora bien, si examinamos el grado de amenaza en los distintos grupos biológicos, los resultados son alarmantes para algunos: cerca del 26% de las especies descritas de mamíferos, 40% de las de anfibios y cerca del 13% de las especies de aves se encuentran en alguna categoría de riesgo (Figura 70).

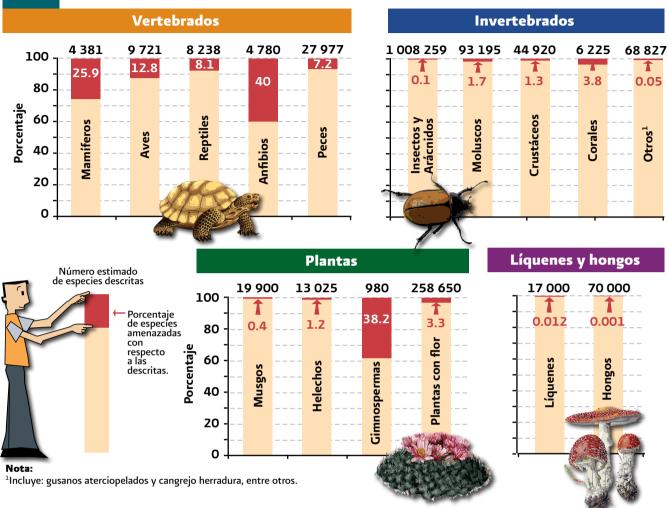
Para el caso particular de México, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, incluye 2 606 especies en alguna categoría de riesgo. La mayor parte son plantas vasculares, con casi un millar, siguiéndole en orden de importancia los reptiles, las aves y los mamíferos (Tabla 3).

A pesar de que la declaratoria de extinción de una especie es impactante, los efectos negativos por la reducción de sus poblaciones se presentan mucho antes de que desaparezca físicamente el último de sus individuos en su hábitat. En otras palabras, una especie puede estar ecológicamente extinta en el sentido de que ya no realiza su función en el ecosistema. Imaginemos, por ejemplo, una especie de murciélago polinizador o dispersor de semillas como los que viven en los ecosistemas áridos del país. Si el número de individuos de murciélagos en una zona es muy bajo, su tarea de polinizar a las plantas (como los agaves y los cactos) o dispersar sus semillas ya no puede realizarse eficientemente. Así pues, la función de esa especie en el ecosistema, para fines prácticos, se extinguió antes de que el último murciélago haya dejado de volar.

La desaparición de una especie en su ecosistema generalmente provoca efectos en cascada sobre otras especies. Un caso bien documentado de los efectos ocasionados por la reducción de una población sobre otras es el de las ballenas en los mares del norte y sus efectos subsecuentes sobre las orcas, focas, nutrias e, incluso, sobre una especie que aparentemente no tenía ninguna relación con ellas: un tipo particular de alga marina conocida como kelp (ver *Recuadro Las orcas que*



Especies amenazadas en el mundo según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2011



acabaron con las algas). Si con una especie que se ve afectada sucedieron todos esos cambios, imagínate lo que pasaría si desaparecieran muchas especies.

Más allá de su clasificación en una lista oficial en la categoría de amenazada o en peligro de extinción, es importante conocer la salud de las especies y monitorear sus cambios tanto en el tamaño de sus poblaciones como en sus áreas de distribución; ello permite detectar oportunamente su nivel de riesgo y planear la mejor forma de conservarlas. En un trabajo publicado en el 2002, se presentó la estimación de la reducción observada entre 1960 y 1990 de las áreas de distribución de

173 especies de mamíferos con respecto a su posible distribución en la época preindustrial. Los datos son realmente preocupantes: el área de distribución de estas especies se redujo en promedio 68%, esto es, ¡en treinta años desaparecieron dos terceras partes de su hábitat!

Si se examinan estos datos para las diversas regiones del mundo hay diferencias importantes: en África y Europa la reducción estimada es de 72%, en Norteamérica 44%, en el sudeste de Asia 83%, Australia 78% y Sudamérica 15%. Si ahora lo vemos a nivel de especies, verás que hay algunas que están en serios problemas: del área de distribución original del bisonte (Bos

TABLA Sepecies mexicanas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010¹						
Grupo	Categoría de riesgo					
	Amenazadas	En peligro de extinción	Sujetas a protección especial	Probablemente extintas en el medio silvestre	Total de especies en la NOM	
Anfibios	44	7	143	0	194	
Reptiles	142	27	274	0	443	
Peces	80	81	30	13	204	
Aves	126	95	152	19	392	
Mamíferos	124	52	104	11	291	
Invertebrados	12	20	17	0	49	
Plantas vasculares	338	183	452	6	979	

7

8

1186

0

0

10

475

Nota: ¹Incluye especies, subespecies y variedades.

0

2

28

896

Algas

Briofitas

Hongos

Total

bison) sólo queda 0.9 %, 58.1% para el lobo (Canis lupus) y 34.2% para el jaguar (Panthera onca) (Figura 71). A otros grupos tampoco les ha ido bien: la superficie remanente del área de distribución original de los anfibios es de 20%, 72% para las plantas vasculares y 29% para las mariposas.

Si bien estas especies no se han extinguido, la reducción de su área de distribución seguramente trajo consigo la pérdida de algunas de sus poblaciones. Si consideramos que la diversidad genética de las especies está distribuida, en buena parte, entre sus diferentes poblaciones, entonces seguramente al perderse algunas se reduce su diversidad genética, y con ello, sus posibilidades potenciales de evolucionar y adaptarse a nuevas condiciones.

No se tiene suficiente información sobre la posible reducción de la diversidad genética de las especies que permita hacer una evaluación global, pero se puede tener una aproximación razonable si consideramos que está relacionada con la pérdida de poblaciones de una especie. Investigadores de la Universidad de Stanford, en los Estados Unidos, calcularon la velocidad de extinción de las poblaciones que habitan regiones tropicales y sus resultados no podrían ser más escalofriantes. Considerando exclusivamente las desapariciones debidas a la pérdida de hábitats por deforestación, calcularon que cada año se podrían perder unas 16 millones de poblaciones, es decir, ¡1 800 cada hora! y con ello una cantidad inimaginable de diversidad genética acumulada a lo largo de miles de años. Aunque las estimaciones aún deben ser mejoradas, no cabe duda que el tema es para preocuparnos y animarnos a hacer lo posible para conservar nuestro patrimonio natural.

0

0

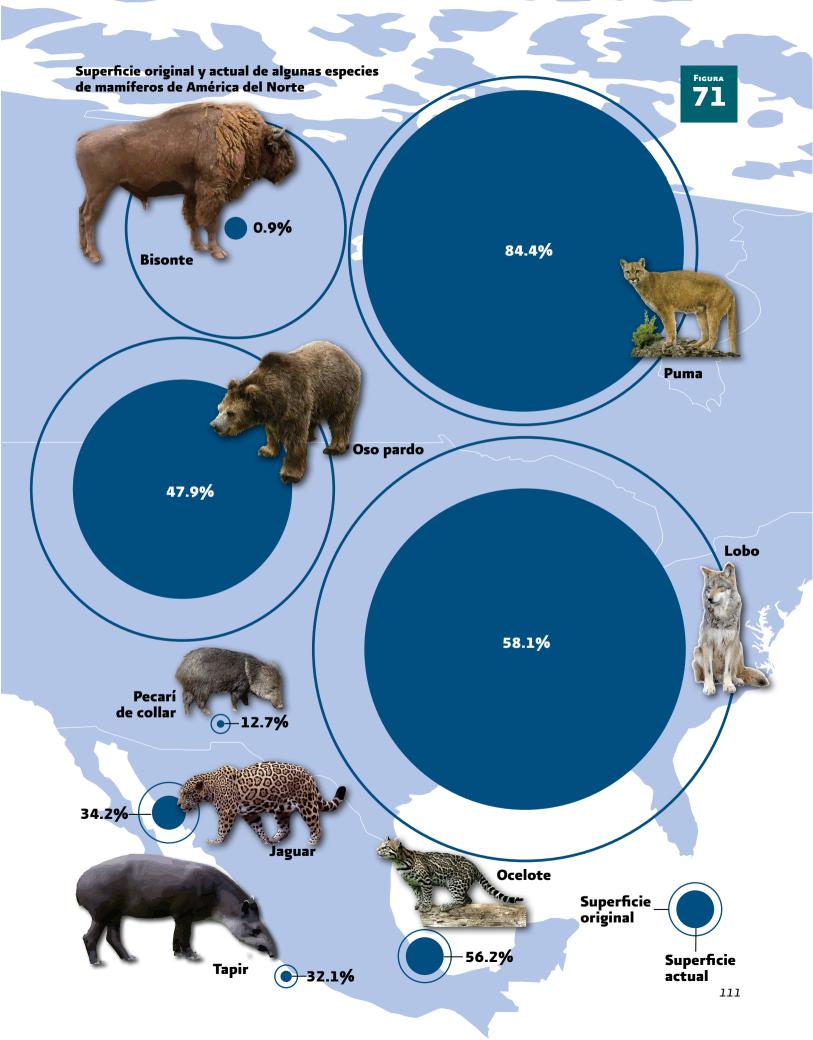
0

49

2

46

2606



LAS ORCAS QUE ACABARON CON LAS ALGAS

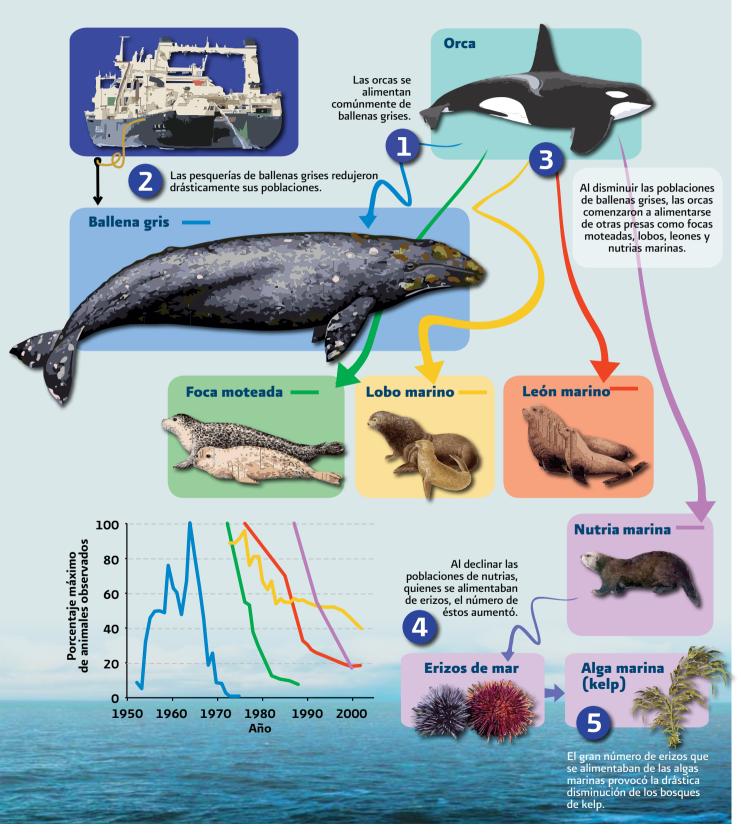
Si te imaginaste que las orcas (*Orcinus orca*), estos imponentes mamíferos marinos del orden de los cetáceos y los de mayor tamaño de la familia de los delfines, habrían sufrido los efectos de la crisis ambiental y la falta de alimento las hubiera obligado a volverse vegetarianas, no es así. Las orcas siguen siendo animales carnívoros. Sin embargo, se piensa que sus hábitos alimenticios han promovido, mediante un tortuoso camino, que los bosques marinos de algas, también conocidos como bosques de kelp, sean consumidos intensamente en algunas regiones. La historia que te contaremos ocurrió al norte del Océano Pacífico, cerca del mar de Bering y muestra muy bien lo complejos y sensibles que pueden ser los ecosistemas a las perturbaciones.

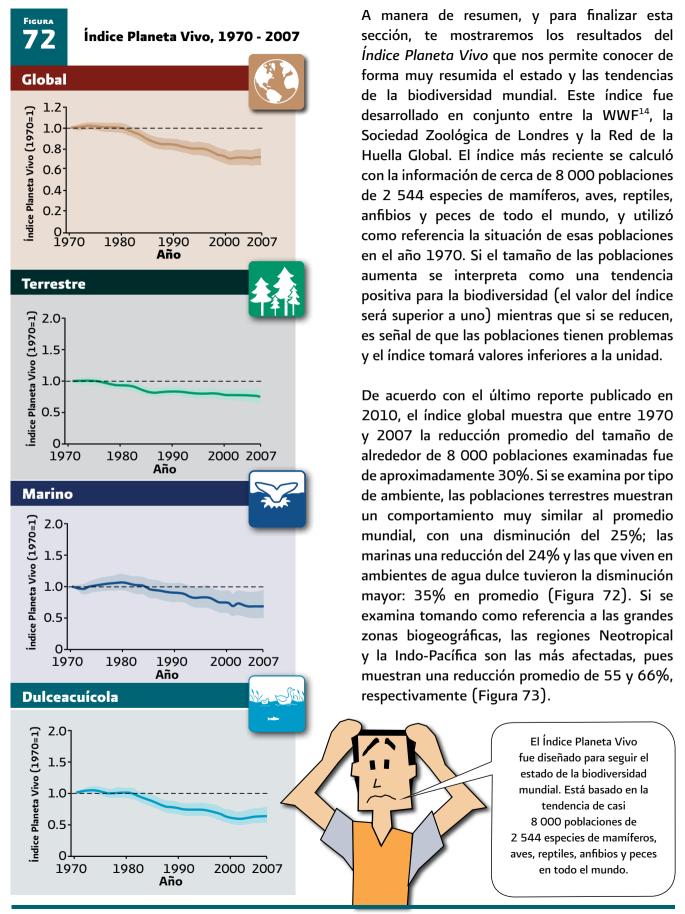
Durante la segunda mitad del siglo XX se observó que las poblaciones de focas, leones marinos y nutrias empezaron a colapsarse sucesivamente. Primero se pensó que problemas en la alimentación, cambios en el clima o competencia por las pesquerías de la zona habían sido las causas, pero recientemente se ha reunido más evidencia que apoya la hipótesis de que el motivo de estos cambios está ligado a la actividad de su depredador y a sus cambios de alimentación.

La evidencia más reciente apunta a que la población de ballena gris (Eschrichtius robustus) disminuyó debido a la caza comercial, lo que obligó a la población de orcas (sus principales depredadores) a buscar otras fuentes de alimento. Las no tan grandes pero sí nutritivas focas fueron las primeras en ser depredadas por las orcas. Según los registros que se tienen de estos organismos en las islas Aleutianas, en el mar de Bering y el Golfo de Alaska, las poblaciones de la foca Harbor o foca moteada (Phoca vitulina) fueron las primeras en disminuir sus tamaños; posteriormente le siguieron el lobo marino (Arctocephalus spp.) y, al final, los leones marinos.

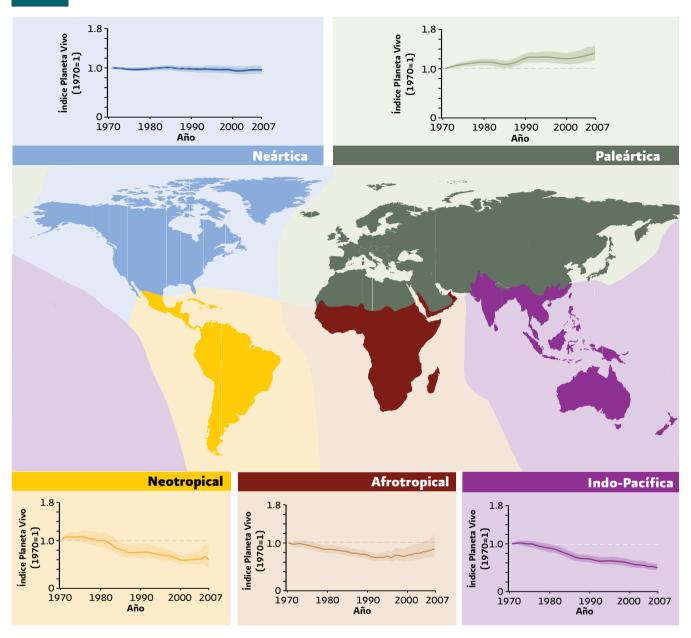
Cuando las focas, leones y lobos marinos empezaron a escasear, las orcas cambiaron a una presa de tamaño sustancialmente menor, pero que se volvió muy importante: la nutria (*Enhydra lutris*). Para la mala suerte de esta especie, que por cierto apenas se estaba recuperando de la cacería intensiva que había menguado sus poblaciones, pronto empezó a sufrir las consecuencias del acoso de este cazador y en los años noventa la población de nutrias de las islas Aleutianas cayó drásticamente.

Pero la historia no termina ahí. Otras especies que aparentemente no tenían nada que ver con las orcas, empezaron también a sentir los efectos del apetito de estos mamíferos. Las perseguidas nutrias se alimentaban de los erizos de mar, que a su vez se alimentaban de los bosques de kelp. Al reducirse la población de nutrias aumentó sustancialmente la de erizos, lo que provocó un incremento en el consumo de algas por parte de estos organismos. ¡Un verdadero sobrepastoreo marino! Así pues, la pesquería de la ballena gris, a través de sus efectos en las orcas fue, en buena parte, responsable del declinamiento de los bosques de kelp. Este ejemplo muestra lo complejas que pueden ser las relaciones en los ecosistemas y las consecuencias en cascada que puede tener la pérdida o afectación intensa de una especie en un ecosistema natural.





Índice Planeta Vivo para diferentes regiones del mundo, 1970 - 2007



Si bien el panorama global de la biodiversidad no luce esperanzador, es importante que sepas que desde hace tiempo se están haciendo esfuerzos para detener y revertir su deterioro. En la siguiente

sección te describiremos con más detalles algunos de ellos y sus resultados más importantes para alimentar tu optimismo, y tus ganas de ayudar.

¿Cómo conservamos La biodiversidad?

¿Cómo conservamos la Biodiversidad?

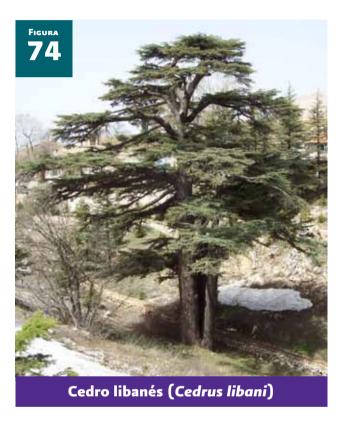
Los graves signos de deterioro que mostraba el ambiente, acentuados durante las últimas décadas del siglo XX, atrajeron la atención de muchos grupos, sociedades y gobiernos alrededor del mundo en torno a la urgente necesidad de emprender acciones efectivas e inmediatas en favor de la conservación de la naturaleza y el uso adecuado de los recursos naturales. Como resultado, ahora existen una amplia gama de acciones encaminadas a salvaguardar la biodiversidad y sus servicios ambientales, así como revertir, cuando ha sido posible, su pérdida.

Las siguientes páginas las dedicaremos a platicarte algunas de las acciones más importantes empleadas en nuestro país y el mundo con este fin. Será una lectura interesante y sin duda ampliará tus conocimientos acerca de esta difícil pero necesaria tarea. También es muy probable, y así lo esperamos, que motive esa necesidad de acción que ya tenías o que ha nacido de la lectura del libro y que será un perfecto ingrediente para la sección final de esta obra.

Un poco de historia

La conservación de la naturaleza es una historia añeja. Aunque pareciera que los esfuerzos por conservar los ecosistemas y muchas de sus especies surgieron tan sólo unas décadas atrás, la verdad es que no es así. Algunas de las primeras acciones de conservación se emprendieron por lo menos hace dos mil años en la India y mil quinientos años atrás en Indonesia, aunque debemos decirte que este cuidado de la naturaleza respondió más a su importancia cultural o religiosa que al reconocimiento de su valor ecológico. De hecho, muchas culturas antiguas alrededor del mundo tenían entre sus preceptos (y muchas aún lo conservan) la idea de la vida armónica entre el hombre y la naturaleza.

Sin embargo, algunas prácticas de conservación del pasado fueron resultado del reconocimiento de que la explotación desmedida de ciertos recursos podría ocasionar su escasez y pérdida. Por ejemplo, en el año 450 a. C., el rey persa Artajerjes I intentó controlar la explotación del cedro libanés (*Cedrus libani*; Figura 74) en el Medio Oriente, un árbol del cual se extraía una de las maderas más pesadas, fuertes y duraderas de la región, y cuya intensa explotación ya había reducido dramáticamente su abundancia en los bosques de la zona.



La recreación de la nobleza también ayudó a la conservación de la biodiversidad. En Europa, desde el siglo XII y hasta la época renacentista en el XVI, muchos bosques fueron preservados como sitios personales de caza para la realeza y la aristocracia. Estos espacios naturales, hábitat de ciervos, zorros y otros animales, se mantenían en condiciones óptimas al ser custodiados por guardabosques que impedían que los paseantes los dañaran o cazaran en ellos, con lo cual aseguraban la presencia continua de las presas.

Uno de los primeros intentos para evitar la extinción de una especie fue el del uro (Bos taurus primigenius), el ancestro del ganado vacuno actual. Originalmente vivía en Europa, Asia y el norte de África, pero su distribución se redujo drásticamente por la caza y la pérdida de hábitats. En 1564 las autoridades polacas decidieron establecer una "reserva natural" para proteger a los últimos uros. A pesar de sus esfuerzos, el último murió en 1627.

Entre los siglos XVII y XIX se impulsó la conservación de la biodiversidad como resultado, principalmente, de las observaciones de algunos naturalistas que se dieron cuenta del acelerado crecimiento de las áreas agrícolas, del deterioro ambiental y de la caza indiscriminada de muchas especies silvestres. Sus observaciones sirvieron, en algunos casos, para alertar sobre las posibles consecuencias del deterioro del ambiente y, en otros, para enriquecer el conocimiento de la biodiversidad global y de México. En el *Recuadro Descubridores de la naturaleza* podrás conocer a algunos de ellos.

También tuvo una influencia destacable para la conservación de la naturaleza la idea de su importancia en el desarrollo espiritual del ser humano, lo cual motivó la creación de las primeras reservas naturales formales. Estas nuevas áreas contaban con la protección de los gobiernos de los países y consideraban el beneficio del público para su uso y disfrute. Los pioneros en la creación de reservas fueron Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Sudáfrica y algunos países sudamericanos. La primera reserva moderna fue el Parque Nacional de Yellowstone, en Estados Unidos, declarada en 1872. México no fue ajeno

a este movimiento y en 1876 decretó la Reserva Forestal del Desierto de los Leones, al poniente de la Ciudad de México¹⁵.

El siglo XX se vio marcado por una pérdida y degradación importante de la superficie de todo tipo de ecosistemas, así como la amenaza de extinción e incluso la pérdida de muchas especies. Durante la década de los años setenta comenzaron las alertas de los científicos en todo el mundo, y con ellas las llamadas a la acción emprendidas por diversas organizaciones internacionales (como las Naciones Unidas), gobiernos de los países y organizaciones civiles para realizar acciones que salvaguardaran el medio ambiente, incluida su biodiversidad.

Como resultado, en esa misma época comenzó el desarrollo de una disciplina científica conocida como biología de la conservación, que es actualmente una aliada importante en muchas de las acciones encaminadas a proteger nuestro valioso capital natural. Para conocer mayores detalles respecto a esta disciplina, te recomendamos leer el Recuadro ¿Qué es y para qué sirve la biología de la conservación?

¿Qué proteger?

Aunque nuestra respuesta inmediata podría ser "todas las especies y sus ecosistemas", la diferencia entre querer y poder hacerlo es muy grande en realidad. No obstante, las acciones de conservación se orientan a cubrir al mayor número de especies y ecosistemas posibles ante la imposibilidad de protegerlo todo.

Las estrategias de conservación pueden clasificarse en dos grandes grupos: las dirigidas a especies o grupos de ellas y las que se orientan hacia la protección de los ecosistemas. Dicho sea de paso, estas estrategias también nos permiten

¹⁵ En 1917, el presidente Venustiano Carranza lo decretaría como Parque Nacional.

RECUADRO

Descubridores de la naturaleza

Desde la antigüedad, por lo menos desde los griegos y romanos, ha existido curiosidad por conocer y estudiar la naturaleza. Aquí te presentamos algunos de los grandes personajes que han destacado por sus aportaciones al conocimiento de la biodiversidad.

En México

1. José Mariano Mociño (1757-1820)

Naturalista mexicano, que junto al botánico español Martín Sessé y Lacasta (1751-1808) describió parte de la flora y fauna de la Nueva España.

2. Alfonso L. Herrera (1868 -1942)

Biólogo mexicano fundador del antiguo Jardín Botánico de la Ciudad de México y del actual zoológico de Chapultepec.

3. Enrique Beltrán (1903-1994)

Biólogo mexicano precursor del movimiento conservacionista en México y el mundo.

4. Faustino Miranda (1905 -1964)

Botánico y ficólogo español, nacionalizado mexicano. Describió más de 47 especies y 5 géneros nuevos de la flora de México.

5. Efraín Hernández Xolocotzi (1913 -1991)

Etnobotánico mexicano que contribuyó de manera trascendental al conocimiento de la vegetación tropical del país. Su colección de maíz forma parte de los dos bancos más grandes de semillas de maíz nativo de México.

6. Miguel Álvarez del Toro (1917 -1996)

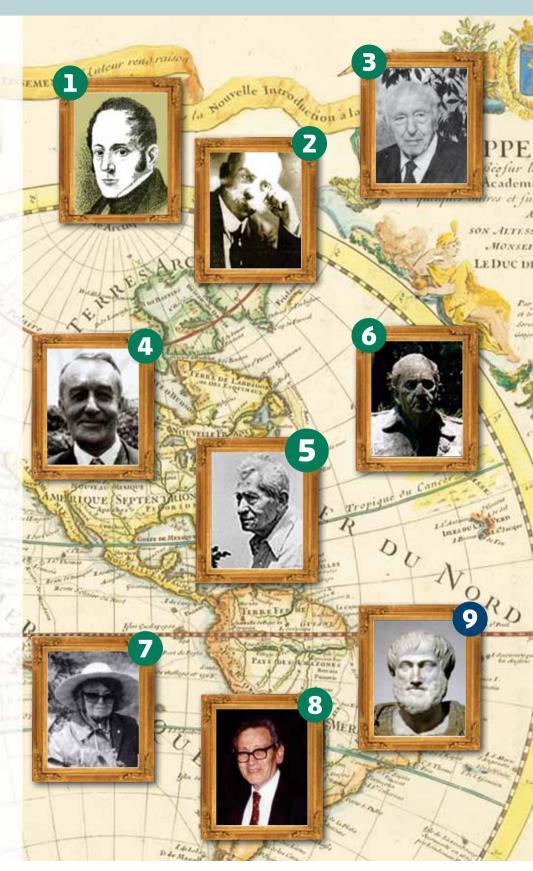
Investigador y conservacionista mexicano que describió, estudió y conservó la fauna de Chiapas. Fundó el zoológico que lleva su nombre, también conocido como ZOOMAT.

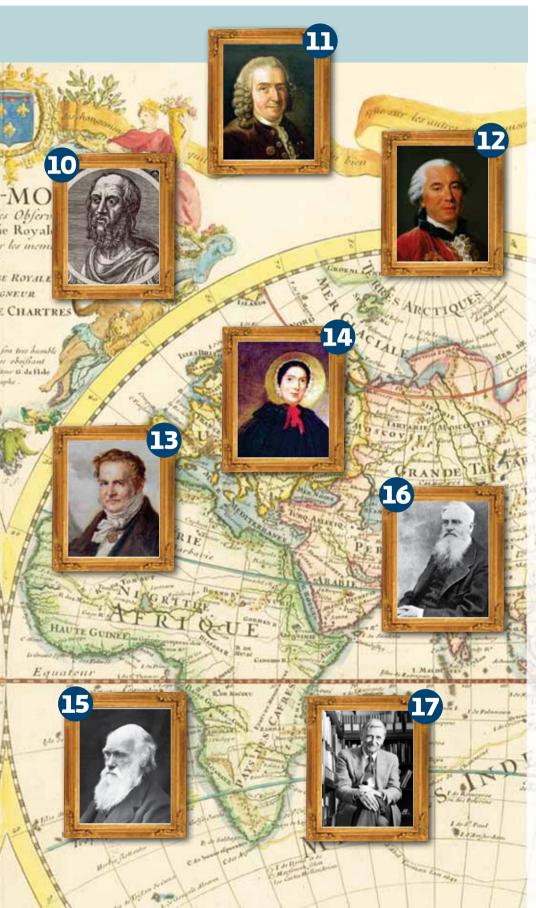
7. Helia Bravo Hollis (1901-2001)

Bióloga y botánica mexicana estudiosa de la sistemática vegetal y de las cactáceas del país.

8. Jerzy Rzedowski (1926 -

Botánico polaco, naturalizado mexicano, que ha impulsado notablemente la florística y taxonomía nacionales e hizo importantes contribuciones a la descripción de la flora del Valle de México.





En otros países

9. Aristóteles (384-322 a. C.)

Filósofo griego que clasificó a los organismos en los reinos animal y vegetal. Escribió un tratado de zoología de más de 500 especies.

10. Plinio el Viejo (23-79)

Filósofo romano que realizó el primer tratado de historia natural, que entre otras áreas, incluía zoología, botánica, mineralogía y etnografía.

11. Carl von Linneo (1707-1778)

Padre de la taxonomía. Creó el primer sistema de clasificación binomial y universal para nombrar a los seres vivos en latín.

12. Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788)

Naturalista francés que compiló el conocimiento de la naturaleza del siglo XVIII en 44 tomos en su obra Historia Natural.

13. Alexander von Humboldt (1769-1859)

Naturalista prusiano, considerado el padre de la ecología. En sus viajes reunió una gran colección de plantas que incluyó nuevas especies, de las cuales muchas eran mexicanas.

14. Mary Anning (1799-1847)

Inglesa considerada la más grande descubridora de fósiles de su tiempo. Entre sus hallazgos destacan los primeros esqueletos de ictiosaurios y plesiosauros.

15. Charles Darwin (1809-1882)

Tal vez el más famoso naturalista de todos los tiempos. Propuso la teoría de la evolución por medio de la selección natural en su obra El origen de las especies.

16. Alfred Russell Wallace (1823-1913)

Naturalista británico, padre de la biogeografía y codescubridor de la teoría de la evolución basada en la selección natural.

17. Edward O. Wilson (1929-

Sociobiólogo, ecólogo y entomólogo estadounidense. Ha trabajado arduamente en la promoción del conocimiento y conservación de la biodiversidad.

¿Qué es y para qué sirve la biología de la conservación?

Esta disciplina no sólo busca entender los efectos que las actividades humanas tienen sobre las especies y los ecosistemas, sino también apoyar el desarrollo de estrategias que eviten su pérdida y degradación. Los biólogos de la conservación brindan ayuda y orientan, por citar sólo unos ejemplos, en la determinación de las mejores estrategias para proteger especies y ecosistemas, en el diseño de reservas naturales y la reconciliación de los intereses de la conservación de la biodiversidad con las necesidades de las poblaciones que la utilizan o que habitan donde se encuentra. Podrás imaginar que la labor de esta disciplina no es nada sencilla.

La biología de la conservación se apoya principalmente en disciplinas propias de las ciencias biológicas. Veamos en qué le ayudan algunas de ellas. La ecología le provee, entre otras cosas, de información acerca de cómo cambian los tamaños de las poblaciones en el tiempo y de las relaciones entre especies y con los elementos del ambiente. La genética, por su parte, le brinda información acerca de la diversidad genética de las poblaciones y de los factores que la afectan; mientras la taxonomía le apoya en la identidad y las relaciones entre especies, acerca de aquéllas que son únicas o de grupos particularmente interesantes o importantes para conservar.



RECUADRO

¿Qué es y para qué sirve la biología de la conservación?

A la biología de la conservación también la auxilian disciplinas de las ciencias sociales, como la antropología, la sociología, la economía y el derecho, por citar sólo algunas. La antropología y la sociología le ofrecen información de cómo las sociedades se relacionan con el ambiente, y también son útiles para diseñar herramientas que ayuden a impulsar entre los ciudadanos, conductas amigables con el ambiente. Por su parte, la economía ambiental aporta elementos acerca del valor económico de la biodiversidad y el derecho le proporciona las bases legales que establecen los gobiernos para algunas de las actividades de protección de la biodiversidad y de regulación en su explotación.

Finalmente, los conocimientos que se obtienen en la agricultura, el manejo de la vida silvestre y en los zoológicos y jardines botánicos pueden ser muy útiles, ya que generan información respecto a la conducta, reproducción y mantenimiento de los individuos. Dicha información sirve de apoyo en el diseño de programas de reintroducción, reproducción en cautiverio o conservación en el hábitat de muchas especies de plantas y animales.

conservar la enorme variabilidad y riqueza genética que tienen ciertas especies de plantas y animales y que resulta muy útil para los seres humanos. Por el momento nos concentraremos en la protección al nivel de especies y párrafos más adelante te hablaremos de la protección de los ecosistemas.

¿Cómo conservar especies?

En el caso de los esfuerzos de conservación de especies o grupos de especies particulares, se han seguido en general dos rumbos distintos: los orientados hacia la protección de especies carismáticas, o bien, hacia aquéllas que son importantes para el funcionamiento de sus ecosistemas, es decir, las especies clave. En el caso de las especies carismáticas, su protección se ha justificado con base en su valor estético, cultural o económico, siendo famosos por ejemplo, los casos de los osos panda (también conocidos

como pandas gigantes) en los bosques de bambú de China, los gorilas de los bosques tropicales de Ruanda y el águila real en el altiplano de México (Figura 75).

Para el caso de las especies clave, la comunidad científica reconoce su importancia ecológica y buscan su protección porque: 1) pueden ser depredadores o presas importantes en la cadena trófica (como los tiburones o los felinos que son los grandes depredadores en sus ecosistemas); 2) actúan como proveedores de recursos importantes para otras especies (como los salmones que sirven de alimento para los osos, focas y aves); 3) interactúan benéficamente con otras especies (los murciélagos, por ejemplo, que polinizan numerosas especies de plantas); o 4) modifican el ambiente de tal forma que resulte adecuado para otras especies del ecosistema (como muchas especies de árboles tropicales que en sus ramas crean las condiciones necesarias para que se







establezcan otras plantas y se alimenten multitud de animales). Todo lo anterior permite entender por qué si las especies clave desaparecen, los ecosistemas muy probablemente sufrirán cambios importantes en su número y composición de especies, así como en su funcionamiento.

CONSERVANDO LAS POBLACIONES DE LAS ESPECIES EN LA NATURALEZA

Una vez que se considera necesario emprender acciones para proteger una especie, uno de los objetivos de los biólogos y otros especialistas dedicados a la conservación es recuperar sus poblaciones. Para conseguirlo, se puede optar por alguna de las tres estrategias siguientes: 1) los programas llamados de aumento, que intentan incrementar el tamaño de las poblaciones existentes liberando ejemplares mantenidos en cautiverio o procedentes de otras áreas naturales; 2) los de introducción, que involucran la creación de nuevas poblaciones en áreas relativamente similares a las que tenían sus hábitats originales pero en las cuales no se encontraban con anterioridad; y 3) los de reintroducción, que buscan crear también nuevas poblaciones en sitios donde existían pero en los cuales ya no se encuentran. A continuación ejemplificaremos cada una de ellas. Si deseas saber más sobre algunos aspectos de la conservación recomendamos el Recuadro Algunos aspectos básicos para conservar la biodiversidad.

Un ejemplo de los programas de aumento es el del tití o tamarino león negro (Leontopithecus chrysopygus), un pequeño primate de las selvas del estado de Sao Paulo, en Brasil, clasificado por la UICN como en peligro de extinción (Figura 76). Debido a la tala de árboles, la creación de campos de cultivo, la caza y la construcción de hidroeléctricas, unas décadas atrás tan sólo sobrevivían unos 1 000 individuos en once

RECUADRO

Algunos aspectos básicos para conservar la biodiversidad

La idea básica detrás de la conservación de las especies, ya sea en su hábitat natural o fuera de él, es mantener poblaciones lo suficientemente grandes como para garantizar su permanencia a través del tiempo. Esto les permite a los organismos de una población encontrar más fácilmente pareja, evitar la pérdida de su valiosa variabilidad genética y resistir los embates de los cambios en las condiciones de su ambiente (como por ejemplo, por la ocurrencia de fuertes sequías y crudos inviernos) y de posibles catástrofes naturales (por ejemplo, huracanes, inundaciones, terremotos y erupciones volcánicas).

Aunque en la naturaleza es común que el número de individuos de una población aumente o disminuya entre años, si las poblaciones están constantemente por debajo de un umbral específico de individuos (el cual resulta muy variable entre especies), corren seriamente el riesgo de desaparecer. Ilustremos esta última idea con un ejemplo. En Estados Unidos desde tiempo atrás, los biólogos de la conservación estaban preocupados por el destino de las poblaciones del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en el suroeste del país. Después de varias decenas de años de estudio, se dieron cuenta que las poblaciones que tenían menos de quince animales se extinguieron antes de transcurrir 50 años, mientras que aquéllas formadas por alrededor de 100 borregos o más se mantuvieron sin problemas al cabo del mismo periodo de tiempo. La moraleja fue clara: si deseaban conservar a esta especie en el largo plazo en esa región, sería recomendable que las poblaciones naturales excedieran los 100 borregos.

Sin embargo, no todas las poblaciones pequeñas van irremediablemente a la extinción; existen algunos casos en los cuales a partir de unas cuantas parejas se ha podido recuperar a una especie. El elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) fue cazado indiscriminadamente por su grasa durante el siglo XIX, sin embargo, su población se recuperó a partir de sólo veinte individuos contados en 1890. Hoy esta población tiene cerca de 30 000 individuos que viven en las costas del Pacífico oriental. Sin embargo, es importante decirlo, su diversidad genética sí disminuyó significativamente y esto puede afectar su éxito en el futuro.

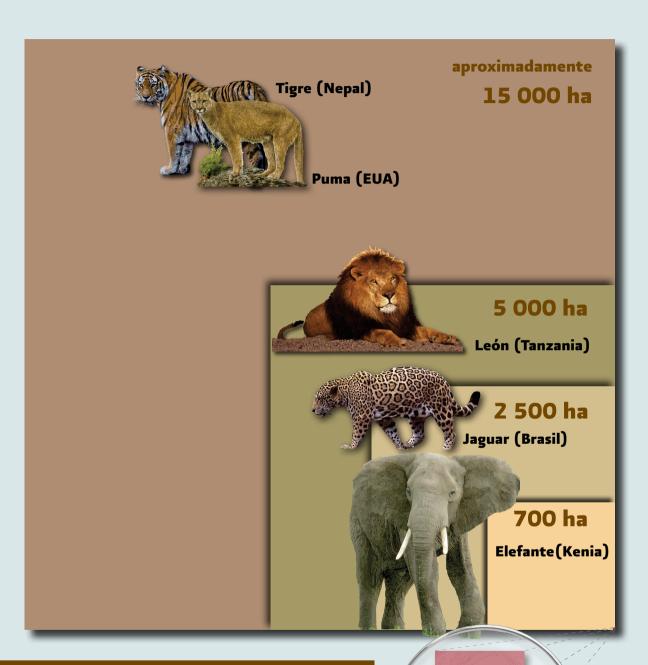
El número de individuos no es lo único que hay que tomar en cuenta si la intención es que las especies sigan en sus ambientes naturales. Sus hábitats también son importantes, por lo que necesitamos saber cuánta superficie en buen estado de conservación se requiere para mantener poblaciones viables en el largo plazo. Así pues, ¿de qué tamaño debe ser la superficie que se requiere para conservar las poblaciones de una especie?

Algunos aspectos básicos para conservar la biodiversidad

Aunque esta superficie es diferente entre especies e incluso dentro de una misma especie dependiendo de la zona, te mostraremos algunos datos que te sorprenderán. Cada puma (*Puma concolor*), uno de los depredadores más importantes del continente americano, necesita entre 7 000 y 15 000 hectáreas de hábitat para sobrevivir en el norte del estado norteamericano de California. Esto quiere decir que uno de estos felinos requiere, para poder cazar y reproducirse, una superficie entre tres a seis veces la delegación Benito Juárez del Distrito Federal. Si esto te parece sorprendente, considera que en el caso del oso grizzly (*Ursus arctos horribilis*); uno de ellos requiere hasta 98 000 hectáreas, esto es, entre seis y catorce veces la superficie que necesita el puma de nuestro ejemplo anterior. En el otro extremo, un ejemplar de llora sangre (un pequeño reptil del género *Phrynosoma* que habita en las zonas áridas de Norteamérica), necesita tan sólo un tercio de una cancha de futbol soccer. En la Figura de la siguiente página verás otros ejemplos del área mínima que necesitan algunos animales para vivir en su ambiente natural.

Ya que sabemos qué superficie necesita un solo animal para sobrevivir, podemos tener una aproximación de cuánto de su ecosistema debe conservarse para mantener a su población viable. La manera de hacerlo es muy sencilla: multiplicando el número de individuos necesarios para mantener la población por el área que cada uno de ellos necesita. En el caso del puma de las montañas de California, los biólogos estimaron que entre quince y veinte adultos podrían ser suficientes para que la población se mantuviera saludable, así que multiplicado por los 7 000 y 15 000 hectáreas de su superficie requerida, obtendríamos una cantidad que estaría entre poco más de 100 000 y 300 000 hectáreas. Esto es, un área equivalente a tres cuartas partes de la superficie del estado de Tlaxcala.

Esta es una de las razones por las cuales las áreas naturales protegidas deben ser grandes. Ahora imagínate de qué tamaño deberían ser para proteger a cientos de especies de un ecosistema. Afortunadamente, las reservas decretadas para proteger a pumas, osos, jaguares o pandas también cobijan a las poblaciones de cientos o miles de especies que cohabitan con ellos. Piensa, por ejemplo, en todas las especies de árboles, hierbas, aves y mamíferos que viven en los bosques donde se conservan los pumas. Por esta razón, los científicos llaman especies paraguas a aquellas que al ser protegidas ayudan a muchas otras con las que cohabitan en sus ecosistemas.



Área mínima necesaria para la supervivencia de un individuo de algunos animales

0.2 ha

Llorasangre (EUA)

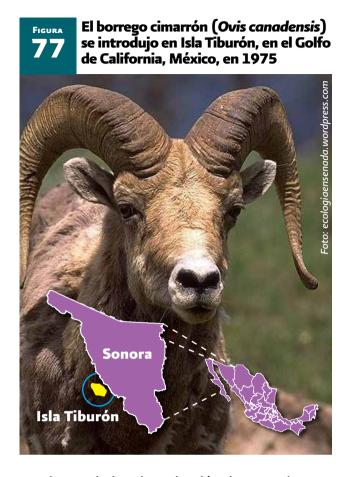


pequeños fragmentos de bosque aislados entre sí que sumaban 444 kilómetros cuadrados y que seguían reduciendo su tamaño. Esto hizo suponer a los científicos que estas pequeñas subpoblaciones, tanto por el número de individuos como por la condición del hábitat, no serían viables en el largo plazo.

Los esfuerzos de conservación para salvarlo comenzaron en 1986, incluyendo, entre otras medidas, el mantenimiento de animales en cautiverio que pudieran servir en el futuro como pie de cría para la conservación y su posterior integración a las subpoblaciones existentes. El primer intento para aumentar el tamaño poblacional en los fragmentos de bosque comenzó en 1995, con la liberación de unos cuantos individuos en algunos de los fragmentos que ya tenían titís. Estas acciones, además de otras estrategias de conservación del hábitat, intentan dar una nueva oportunidad a esta especie para seguir brincando de árbol en árbol en los bosques sudamericanos.

En el segundo caso, cuando del hábitat de algunas especies ya no queda nada o los factores que

han causado la pérdida de sus poblaciones no han desaparecido, los biólogos han intentado introducirlas en otros ecosistemas lo más parecidos a los originales. Estos son los llamados programas de introducción. Veamos un ejemplo: el borrego cimarrón (Ovis canadensis), se introdujo en isla Tiburón, en el Golfo de California, México, en 1975 (Figura 77). Aunque esa isla no era el hábitat natural del borrego, representaba una buena opción para conservarlo. También se pensaba que podría servir como una fuente de individuos para posteriores programas de reintroducción en el continente, y como una fuente de ingresos económicos a la población seri de la isla. En 1975 se habían introducido veinte animales, y para 1995 la población había aumentado a 600. Este crecimiento permitió que en 1996, habiéndose comprobado la salud de la población, comenzara la venta de permisos controlados de caza, cuyos ingresos beneficiaron ampliamente a los seris. Asimismo, fue posible llevar algunos ejemplares hacia sitios donde habían sido exterminados, como las serranías de los estados de Sonora, Chihuahua y Coahuila. Estas últimas acciones forman parte de los llamados programas de reintroducción que veremos a continuación.



En el caso de la reintroducción, las especies son devueltas a sus hábitats nativos después de que los factores que causaron su desaparición ya no los amenazan. Es una nueva oportunidad en sus hábitats naturales. Claro está que, además de la reaparición de la especie en su ambiente original, también los científicos confían en poder recuperar las relaciones entre especies en el ecosistema, con lo cual existe la posibilidad de regresar el hábitat a una situación lo más parecida a su estado original. En México ya se ha intentado reintroducir algunas especies en sus hábitats originales. En 1998 se inició el programa de recuperación del cóndor de California (Gymnogyps californianus), cuyo último avistamiento en Baja California databa de finales de los años treinta y del cual volaban 17 ejemplares en la Sierra de San Pedro Mártir en mayo de 2010. También destaca el caso del berrendo (Antilocapra americana), del que se reintrodujeron 150 animales en Valle Colombia, en Coahuila, entre 1996 y 1998, después de tres o cuatro décadas de su desaparición del estado

(Figura 78). En 2005 en La Choya, en la Península de Baja California, se reintrodujeron 25 berrendos que a finales de 2009 se habían multiplicado a más de 400 animales. Como parte de estos esfuerzos, también en 2009 se reintrodujo un grupo de 23 bisontes (*Bison bison*) en la reserva de Janos, Chihuahua, y que en 2010 vio el nacimiento de su primera cría.

Es importante mencionar que aunque en inicio todas estas estrategias podrían parecer sencillas de realizar, en la práctica no lo son. Requieren de una muy buena acumulación de conocimiento científico que generalmente se realiza en largos periodos de tiempo, además de grandes inversiones económicas y del esfuerzo humano de numerosas personas que trabajan en los gobiernos, las instituciones científicas, las organizaciones sociales y en las mismas comunidades aledañas a los sitios donde habitarán las especies involucradas.

En términos prácticos, estos programas se pueden traducir en muchos años de esfuerzos que no sólo involucran negociaciones entre



RECUADRO

Conservando nuestras especies: el Procer



En 2007 se creó en nuestro país el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (Procer), a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). Busca la conservación y recuperación de las especies mexicanas en riesgo a través de la conjunción de los esfuerzos del gobierno y de diversos sectores sociales interesados. Para conseguirlo, el Procer busca también proteger y recuperar los ecosistemas de estas especies (con los bienes y servicios ambientales que brindan) y el desarrollo de alternativas productivas que mejoren la calidad de vida de los grupos sociales que viven en condiciones marginadas en las zonas de distribución de estas especies.

Dentro del Programa se han elegido especies clave o sombrilla, las cuales tienen mayor riesgo de extinción y hacen posible la protección de otras muchas especies en sus ecosistemas nativos. En la lista de especies incluidas en el Procer se encuentran especies terrestres, dulceacuícolas, marinas, costeras e insulares que habitan los ecosistemas más representativos de nuestro país (Tabla de la derecha).

Las acciones de conservación de estas especies se instrumentan por medio de los Programas de Acción de Conservación de Especies (PACE), los cuales contienen no sólo las estrategias, actividades y acciones que permiten su conservación, sino también los planes que podrían permitir mejorar la calidad de vida de los grupos sociales involucrados. El Procer inició con cinco especies: el lobo mexicano, la vaquita marina, el águila real, el jaguar y la tortuga laúd; tiene hasta la fecha un total de 23 PACE en marcha y 11 PACE publicados.

* Especies con PACE publicado.

Especies en el Procer			
Nombre común	Nombre científico		
Águila real	Aquila chrysaetos*		
Jaguar	Panthera onca*		
Lobo mexicano	Canis lupus baileyi*		
Vaquita marina	Phocoena sinus*		
Tortuga laúd	Dermochelys coriacea*		
Berrendo	Antilocapra americana*		
Tapir	Tapirus bairdii*		
Cotorras serranas	Rhynchopsitta pachyrhyncha y R. terrisi*		
Oso negro	Ursus americanus		
Perritos llaneros	Cynomys ludovicianus y C. mexicanus		
Gorrión de Worthen	Spizella wortheni		
Guacamaya verde	Ara militaris*		
Guacamaya roja	Ara macao		
Loros de cabeza amarilla	Amazona oratrix y A. auropalliata		
Zapote prieto	Diospyros xolocotzii		
Ballena azul	Balaenoptera musculus		
Ballena jorobada	Megaptera novaeangliae		
Tortuga caguama	Caretta caretta		
Tortuga carey	Eretmochelys imbricata*		
Tortuga lora	Lepidochelys kempii		
Pavón	Oreophasis derbianus*		
Rapaces neotropicales	Harpia harpyja, Spizaetus ornatus, S. tyrannus, Spizastur melanoleucus		
Bisonte	Bison bison		
Cóndor de California	Gymnogyps californianus		
Primates	Ateles geoffroyi y Alouatta spp.		
Teporingo	Romerolagus diazi		
Tortuga verde/ negra	Chelonia mydas		
Pecarí de labios blancos	Tayassu pecari		
Corales	Acropora cervicornis y A. palmata		
Tortuga golfina	Lepidochelys olivacea		
Lobo fino de Guadalupe	Arctocephalus towsendi		
Rorcual común	Balaenoptera physalus		
Peces del desierto	Cichlosoma minckleyi, Xiphophorus gardoni, entre otras.		
Murciélagos magueyeros	Leptonycteris nivalis y L. yerbabuenae		
Manatí	Trichechus manatus		

autoridades y pobladores, sino también la obtención de información sobre las especies en el medio silvestre y en cautiverio, además de mucho trabajo para lograr la cría y el entrenamiento que los individuos necesitan para poder vivir en sus nuevos hábitats (para aprender a cazar o a huir de sus depredadores, por ejemplo). A ello hay que sumar los años que siguen a su ejecución y que involucran el seguimiento del destino de los animales o las plantas reintroducidos para verificar la viabilidad de los programas. Y con todo ello, no existe garantía plena de su éxito.

Según un estudio que examinó 198 programas de introducción y reintroducción de nuevas poblaciones de mamíferos y aves en diversas regiones del mundo, el éxito fue mayor cuando se realizaron: 1) en hábitats conservados que en hábitats deteriorados, 2) dentro del área histórica de distribución de las especies que fuera de ella, y 3) con animales capturados en sus hábitats naturales que con animales criados en cautiverio.

Para que tengas una idea de la dificultad de conseguir el restablecimiento de poblaciones naturales una vez eliminadas, te diremos que en 1996 se publicó un estudio que revisó el éxito de los programas de reintroducción de diversas especies de animales en sus hábitats naturales a lo ancho y largo del planeta. Sus conclusiones fueron sorprendentes, y por qué no decirlo, preocupantes: de 145 estudios examinados, sólo dieciséis podían considerarse exitosos, es decir, tan sólo el 11%. En otro estudio se menciona que de más de 400 liberaciones de especies de peces de agua dulce en Estados Unidos, el porcentaje de éxito alcanzó 26%. Una de las lecciones de todo ello es que siempre será mejor conservar a las poblaciones existentes en sus ecosistemas, que intentar la costosa y difícil tarea de crear nuevas poblaciones.

La conservación de las especies migratorias es particularmente difícil, ya que depende del buen estado de los diversos ecosistemas de las zonas terrestres y marinas en distintas regiones de un país o entre los países que transitan.

Conservando especies fuera de su hábitat natural

Muchas personas que visitan los zoológicos, acuarios o jardines botánicos buscando un rato de esparcimiento o aprendizaje no imaginan que estos lugares pueden ser importantes reservorios y sitios para la conservación de la biodiversidad. Más allá de ser colecciones de cientos de plantas y animales, en algunos casos son el último hogar para muchas especies que han sido eliminadas de sus hábitats naturales.

Para darte una idea más precisa de lo que conservan estas instituciones, te diremos que tan sólo en el caso de los zoológicos se estima que globalmente preservan en sus colecciones alrededor de 3 000 especies, entre mamíferos, aves, reptiles y anfibios, muchas de ellas clasificadas en alguna categoría de riesgo. Si esta cifra te parece pequeña, todavía falta sumarle las especies de plantas que están resguardadas en jardines botánicos, las cuales se estima que podrían ascender a cerca de 80 000, así como las de peces y otras muchas de organismos marinos o dulceacuícolas que se conservan en acuarios y otros tipos de colecciones.

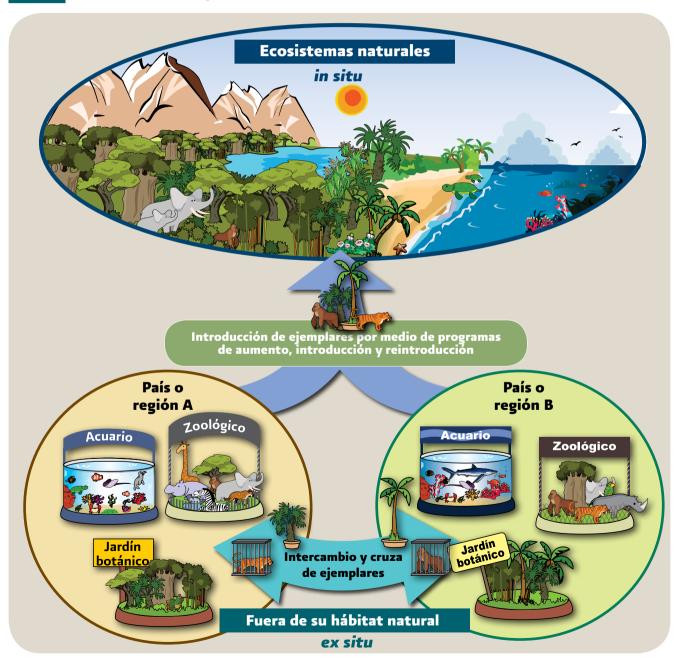
Este tipo de conservación, que requiere de la supervisión humana y que se realiza fuera del hábitat natural de las especies se denomina formalmente como conservación ex situ; busca principalmente reducir el riesgo de extinción y, en algunos casos, servir como fuente de organismos que permitan aumentar el tamaño de las poblaciones existentes o crear nuevas en el medio silvestre, tal y como lo mostramos en algunos ejemplos del apartado anterior. La manera en cómo se relaciona la conservación ex situ con algunas de las estrategias que ya te platicamos, la puedes ver en la Figura 79.

Estas colecciones tienen ventajas adicionales. Pueden ser de gran ayuda para adquirir conocimientos respecto a la biología o la conducta de los organismos y para desarrollar métodos de reproducción, entre otros muchos aspectos. Incluso para cada uno de nosotros, estas colecciones son valiosas para conocer, aprender y disfrutar más de la biodiversidad.

Las estrategias de conservación *ex situ* han seguido dos rutas independientes entre sí, las que se enfocan a la flora y las relacionadas con la fauna. En el caso de la flora, la conservación se realiza principalmente en jardines botánicos, plantaciones forestales, bancos de semillas y en los laboratorios donde se realiza la reproducción de organismos por medio de sus tejidos. En el caso de la fauna, se realizan por medio de su cautiverio en zoológicos, acuarios y criaderos.

FIGURA 79

Relación entre las estrategias de conservación ex situ y en los hábitats naturales de las especies (in situ)



El jardín botánico con mayor riqueza de plantas en el mundo es Kew Gardens, en las afueras de Londres, Inglaterra. Mantiene aproximadamente 30 000 variedades en su colección viva y alrededor de siete millones de ejemplares en su herbario.

Colecciones de plantas y semillas

En el mundo existen alrededor de 1 800 jardines botánicos y arboretos¹6 distribuidos en 148 países y que podrían albergar en sus colecciones, según algunos cálculos, hasta el 30% de las especies de plantas descritas en el planeta. Realizan al menos tres tipos de tareas en beneficio de la biodiversidad. Por un lado, mantienen en sus colecciones individuos o incluso poblaciones completas de plantas raras o amenazadas que, en algunos casos, de estar en sus ambientes naturales podrían extinguirse. Además, los acervos vivos se complementan, en muchas instituciones, con ejemplares secos que ofrecen a los botánicos una gran cantidad de información sobre la biología de las especies y sus hábitats.

En segundo lugar, gracias a un grupo importante de especialistas que trabajan en los jardines botánicos y que viajan explorando distintos ecosistemas, año tras año se descubren, describen y catalogan muchas nuevas especies. Tan sólo en 2008, los investigadores descubrieron y catalogaron en el mundo alrededor de 2 800 especies de plantas vasculares.

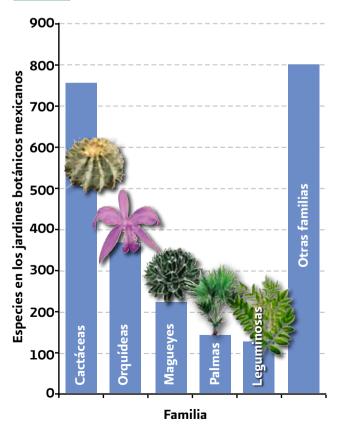
Finalmente, debemos decir que los jardines botánicos son importantes centros de aprendizaje y recreación para todos nosotros. En ellos podemos pasar momentos agradables aprendiendo las generalidades de la biología o ecología de muchas plantas, o de su uso y conservación. Y por qué no, también disfrutar de

la belleza de las hojas, flores, colores, aromas y de sus múltiples rarezas, así como de los insectos, arañas y otros tantos animales que las visitan. ¡Anímate a ser uno de los cerca de 150 millones de personas que visitan los jardines botánicos del mundo cada año y de los 200 000 que acuden a los de nuestro país!

En México, en 2006 se tenían registrados 37 jardines botánicos formales, siendo Puebla, el estado de México y el Distrito Federal los que tenían el mayor número de ellos. Albergan una cantidad nada despreciable de la flora nacional: en 2003 un estudio contó, en tan sólo dieciséis jardines botánicos 3 275 especies de plantas de 198 familias. Esto representa alrededor del 13% de la flora del país, aunque también incluyen especies de otros países. Las cactáceas, orquídeas, magueyes y palmas son algunas de las familias con mayor número de especies en las colecciones nacionales (Figura 80).



Familias de plantas con el mayor número de especies conservadas en los jardines botánicos mexicanos



¹⁶Los arboretos son colecciones de árboles destinadas al estudio científico y a la conservación.



Además de los jardines botánicos, existen colecciones que conservan especies vegetales pero no en forma de plantas adultas, sino de semillas (Figura 81). Las semillas de muchas especies pueden conservarse vivas a baja temperatura y humedad durante largos periodos, lo cual ayuda a posibles proyectos de conservación para el futuro. Las colecciones resultantes, que son verdaderos bancos de semillas, son una estrategia de relativo bajo costo económico, ya que puede almacenarse gran número de especies en espacios

reducidos, y los cuidados que requieren no son tan especializados ni demandan una gran cantidad de personas como en el caso de las plantas en colecciones vivas.

La mayoría de los bancos de semillas se han creado para salvaguardar la diversidad genética de las especies agrícolas y de uso forestal. Así se garantiza la protección de las variedades de plantas útiles que se han obtenido después de cientos o miles de años de cuidadosa y laboriosa selección, y se hace posible su uso para mejorar las existentes en alguna característica de interés, como por ejemplo, sabor, resistencia a la sequía y plagas, color o contenido de proteínas, etc. Sin embargo, cada día son más las instituciones y proyectos que incorporan otras especies de plantas silvestres, raras o amenazadas, y que sin tener una utilidad práctica son importantes y requieren protección en caso de estar en riesgo de desaparecer de sus ambientes naturales.

En el mundo existen más de 1 500 bancos de semillas enfocados a la conservación de variedades cultivadas. Algunos de los más importantes son el banco del Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI, por sus siglas en inglés), en Filipinas, que tiene alrededor de 60 mil variedades de arroz, y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en México, que cuenta con alrededor de 17 000 muestras de maíz y teocintle (reconocido como el ancestro del maíz) y cerca de 130 000 muestras de trigo, así como otras tantas de cebada, centeno y parientes silvestres del trigo.

El Banco de Semillas del Milenio de Kew Gardens, Inglaterra, protege 27 651 especies de plantas con poco más de 1 645 millones de semillas en almacenamiento. También resguarda semillas de doce especies extintas en sus ambientes naturales. El cultivo de tejidos vegetales es una técnica de laboratorio que propaga plantas en condiciones de esterilidad. Puede ser útil en la conservación de plantas raras o en riesgo que no pueden o son difíciles de reproducir por semillas o esquejes, o son de lento crecimiento.

Los zoológicos, acuarios y criaderos

Los zoológicos se crearon hace ya varios miles de años en la historia de la humanidad. En el año 1500 a. C., la reina Hatshepsut estableció uno de los primeros zoológicos en Egipto, y 500 años más tarde, el emperador chino Wen Wang ya tenía entre su colección rinocerontes, tigres, ciervos, antílopes, aves y serpientes. Sin embargo, la finalidad de estas colecciones no fue la de conservar o proteger especies silvestres, sino más bien para el deleite de reyes, emperadores

Moctezuma Xocoyotzin, tlatoani azteca que gobernó Tenochtitlán entre 1502 y 1520, fundó el primer zoológico de América. Estaba organizado en cuatro secciones: cuadrúpedos depredadores, aves rapaces, serpientes y otros reptiles y anfibios. Tenía además, estanques para aves acuáticas y una colección importante de aves de América Central.

o de la aristocracia. Actualmente, los intereses de los zoológicos responden básicamente al entretenimiento y educación del público, así como a la conservación de especies (Figura 82). Muchos de ellos apoyan también la investigación científica, la reproducción de ejemplares y el fomento a una mejor relación entre las personas y la naturaleza.

Algunos zoológicos constituyen el último refugio para especies erradicadas del medio silvestre. Los cerca de 100 individuos que quedan de la paloma de Socorro (Zenaida graysoni), nativa del archipiélago de las islas mexicanas de Revillagigedo, sobreviven sólo en zoológicos de Alemania, Estados Unidos e Inglaterra, a la espera de incrementar el tamaño de sus poblaciones en cautiverio y, en el futuro, de algún programa que permita reintroducirlas en sus ambientes naturales.

Otras especies, como el leopardo de las nieves (Panthera uncia), nativo de los Himalaya, también ha respondido favorablemente a su cría en cautiverio, al punto que el mayor número de los nacimientos de la especie ocurre en zoológicos y no en su ambiente natural (Figura 83). Este éxito en la reproducción de muchas especies ha sido resultado del avance de la medicina moderna y de la veterinaria. Así se han mejorado, por



Los zoológicos y acuarios buscan básicamente el recreo y educación del público, además de la conservación de algunas especies.

ejemplo, los métodos de inseminación artificial, indispensables cuando las parejas de algunas especies no consiguen o no muestran interés por aparearse, la incubación artificial de los huevos de ciertas especies de aves, o incluso, la técnica de dejar al cuidado de madres "nodriza" a las crías recién nacidas de otras especies a las que sus madres no pueden o quieren cuidar.

Se estima que anualmente cerca de 620 millones de personas visitan los zoológicos del mundo, siendo los asiáticos los que más visitantes reciben (308 millones), seguidos por los de Europa (125 millones), Norteamérica (106 millones) y Latinoamérica (61 millones). En México esta cifra asciende a cerca de 20 millones de personas.



En México existen actualmente 88 zoológicos registrados. Veintisiete pertenecen Asociación de Zoológicos, Criaderos y Acuarios de la República Mexicana, la cual procura la colaboración de los distintos zoológicos mediante proyectos de investigación, programas de conservación y educación ambiental. Algunos realizan proyectos de conservación con especies en peligro de extinción, entre las que destacan el jaguar (Panthera onca), tapir (Tapirus bairdii), borrego cimarrón (Ovis canadensis), águila real (Aquila chrysaetos), cotorras serranas (Rhynchopsitta terrisi y R. pachyrhyncha), loro cabeza amarilla (Amazona oratrix) y la guacamaya roja (Ara macao), entre otras. Aunque casi todos los zoológicos incluyen en sus programas de conservación especies nacionales, el Zoológico de Chapultepec también considera una especie exótica: el panda gigante (Ailuropoda melanoleuca).

Los acuarios también alojan una multitud de especies de peces de agua dulce y marinos, así como corales y otros organismos arrecifales. Al igual que las instituciones de las que hemos hablado anteriormente, colaboran activamente en proyectos de investigación con universidades para conocer más de la biología de las especies y para realizar posibles programas de reintroducción. Muchas de estas colecciones están también abiertas al público y tienen la infraestructura adecuada para ofrecer programas de educación.

En el caso de nuestro país, las primeras colecciones en acuarios fueron diseñadas para proteger especies nativas de importancia económica, como el catán (Atractosteus tropicus), la mojarra del sureste (Cichlasoma urophthalmus), la acúmara (Algansea lacustris) y el famoso pez blanco de Pátzcuaro (Chirostoma estor). En la actualidad, las universidades públicas del país han sido las que más atención han dedicado a la conservación de la biodiversidad acuática nacional en riesgo y no tanto a la de interés económico.

Otra estrategia de conservación consiste en mantener a los animales en cautiverio por medio de grandes encierros dentro de ecosistemas naturales. Dos casos importantes son los del ciervo del padre David (*Elaphurus davidianus*), un ungulado chino extinto desde el año 1200 en el medio silvestre y, en México, el del lobo gris mexicano (*Canis lupus baileyi*).

¿Cómo conservamos los ecosistemas?

La mejor manera de conservar a las especies, los ecosistemas y sus servicios ambientales se consigue con la protección de las zonas naturales. Deben favorecerse las condiciones que permitan a los organismos alimentarse, reproducirse y relacionarse con su ambiente tal y como lo hacían antes del desarrollo humano de los últimos siglos. La protección al nivel de los ecosistemas se realiza en el mundo a través de la creación de áreas naturales protegidas, de la conservación en otras zonas naturales fuera de ellas y de lo que se denomina la restauración ecológica.

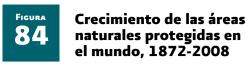
LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

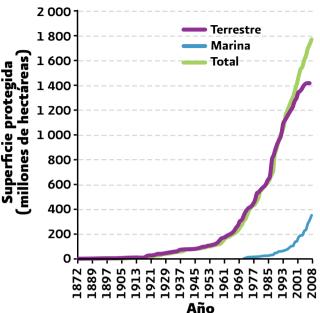
Podríamos decir que las áreas naturales protegidas son verdaderos baluartes de la naturaleza. En numerosos casos son los últimos refugios para cientos de especies y ecosistemas que podrían desaparecer si no estuvieran en ellas. Su importancia es tal, que se conciben como el instrumento de conservación de la biodiversidad más importante que existe en la actualidad. Formalmente la UICN define a las áreas naturales protegidas (ANP de aquí en adelante) como aquellos "...espacios geográficos claramente definidos, reconocidos, dedicados y manejados por medios legales u otros que resulten efectivos para alcanzar en el largo plazo la conservación de la naturaleza con sus servicios ambientales y sus valores culturales asociados."

¿Cuántas ANP existen y qué superficie cubren en el mundo? Los números son realmente sorprendentes: en 2008¹⁷ la UICN y el PNUMA calculaban que existían cerca de 120 000 ANP que cubrían poco más de 2 179 millones de hectáreas, es decir, cerca de 2.3 veces la superficie de Canadá, el segundo país más extenso del mundo. Su crecimiento ha sido vertiginoso, sobre todo en los últimos 40 años, y continúa siendo notablemente rápido (Figura 84). Cabe mencionar que no toda la superficie protegida está en las zonas continentales: alrededor de 234 millones de hectáreas, es decir, cerca del 10% de la superficie mundial protegida, corresponde a ecosistemas marinos y costeros.

Si examinamos cómo se distribuyen en el planeta, vemos que la mayor parte de las ANP se concentran en Europa y Norteamérica (ambas suman poco más de 721 millones de hectáreas, es decir, 32% de la superficie total protegida),

¹⁷Datos al mes de junio de ese año.





Nota: la superficie total en la gráfica no coincide con la cifra mencionada en el texto debido a que no se han incluido 52 932 áreas de las cuales no se sabe cuándo fueron designadas como ANP.

Actualmente, las ANP mundiales ocupan cerca del 13% de las zonas terrestres, 6% de las zonas costeras y menos del uno por ciento de los océanos del planeta.

seguidas por la zona del Pacífico asiático (560 millones, 25%), Latinoamérica y El Caribe (516 millones, 23%) y África (323 millones, 14%). En la Figura 85 te mostramos, por país, el porcentaje de su superficie que está en ANP.

Es posible que te hayas preguntado qué se protege en una ANP. Por lo general, se decretan para proteger ecosistemas, especies o recursos naturales particulares que son de interés biológico, económico o cultural para una comunidad, un

país o el mundo entero. Aunque inicialmente se establecieron para proteger cuencas hidrográficas, ecosistemas y sitios con una belleza particular, ahora se usan criterios mucho más complejos, los cuales involucran no sólo consideraciones biológicas, sino también económicas y sociales.

A nivel internacional, uno de los objetivos comunes respecto a las ANP ha sido conservar dentro de ellas a cada una de las ecorregiones¹8 presentes en el planeta, con el fin de que la gran diversidad que contienen quede a su debido resguardo. Incluso se estableció como meta que al menos el 10% de la superficie actual de cada ecorregión debería protegerse. Según un estudio publicado en el 2009, tan sólo el 54% de las ecorregiones (de un total de 821) que considera el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) tenían al menos el 10% de su superficie en ANP. Como podrás ver, a pesar de que los esfuerzos mundiales han sido notables, quedan todavía muchos sitios por proteger.

México no ha sido ajeno al esfuerzo de protección en ANP. La primer área de carácter federal, la Reserva Forestal del Desierto de los Leones, se decretó en 1876, y para 2010 ya había en la lista un total de 174 áreas federales ¹⁹, con alrededor de 25.5 millones de hectáreas (es decir, el equivalente a cerca del 13% de la superficie terrestre del país; Figuras 86 y 87). En total, en 2010 la superficie terrestre protegida en el país ascendía a 20.7 millones de hectáreas (81% del total de superficie protegida) y la correspondiente a ecosistemas marinos y costeros a 4.8 millones de hectáreas (19% de la superficie total protegida). Para la ley mexicana, existen seis tipos de ANP federales: las Reservas de la Biosfera, las Áreas de

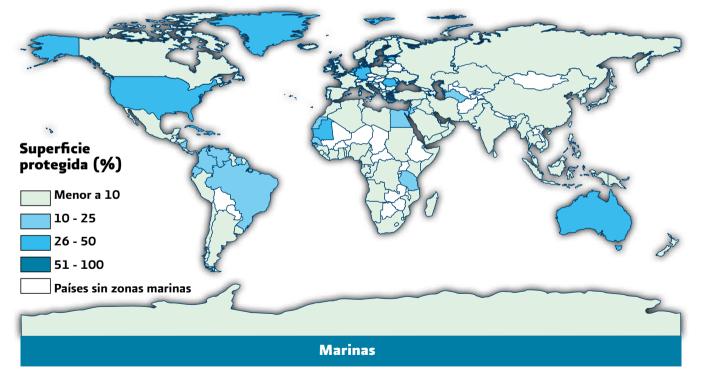
¹⁸ Es un ensamblaje de especies, comunidades naturales y condiciones ambientales particulares de una zona geográfica del planeta.

¹⁹Además de las ANP federales, en México existen muchas áreas protegidas decretadas por los estados y los municipios, así como otras tantas de carácter privado.





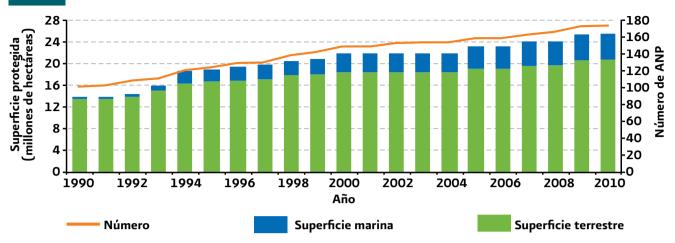


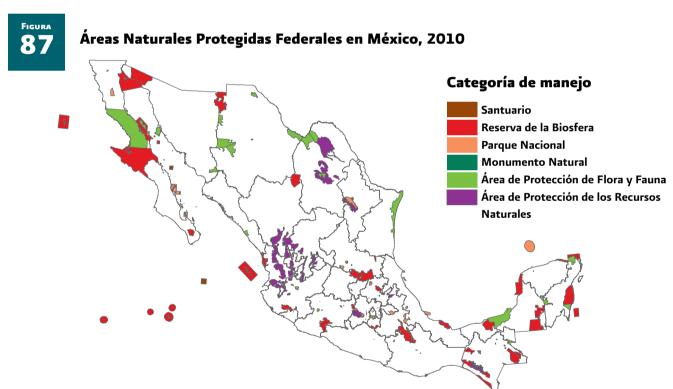


En 2009, según la UICN y el PNUMA, el país que registraba la mayor cobertura relativa de ANP en el mundo era Venezuela (cerca del 50.2% de su territorio), seguido por Liechtenstein (42.4%), Hong Kong (41.8%), Alemania (40.2%) y Groenlandia (40.1%).



Crecimiento de las Áreas Naturales Protegidas Federales en México, 1990-2010





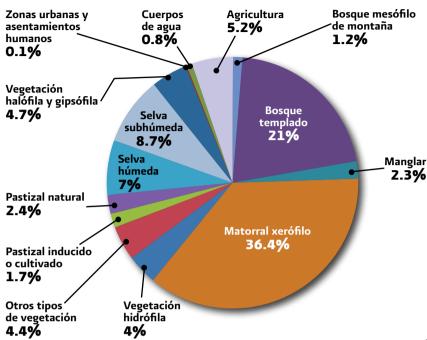
Protección de los Recursos Naturales, los Parques Nacionales, los Monumentos Naturales, las Áreas de Protección de Flora y Fauna y los Santuarios.

De los ecosistemas terrestres protegidos en México, la mayor superficie corresponde a los matorrales xerófilos (poco más del 36% de la superficie protegida), seguidos por los bosques templados (21%), las selvas (incluidas las húmedas y subhúmedas que cubren alrededor del 16%) y las vegetaciones halófilas y gipsófilas²⁰ (aproximadamente 5%; Figura 88). Aunque pudiese parecer raro, en las ANP también hay otros usos del suelo propios de las actividades

²⁰Corresponden a los tipos de vegetación que se establecen en suelos ricos en sales (halófila) y yeso (gipsófila); ejemplos de ellos son el pastizal halófilo y gipsófilo.

FIGURA 88

Vegetación y otros usos del suelo en las Áreas Naturales Protegidas Federales de México, 2010



humanas, como las zonas urbanas y la agricultura; esta última cubre aproximadamente el 5.2% de la superficie protegida del país. Aunque debe decirse que en muchos casos la agricultura se realiza de manera ilegal, en otros tantos las comunidades humanas ya habitaban los ecosistemas previamente a la creación de las ANP y desde entonces ya cultivaban la tierra.

La presencia humana en las ANP se observa en forma de poblados, caminos, brechas y grandes carreteras, sin olvidar los tendidos eléctricos y las zonas productivas (como la agrícola y minera, entre otras tantas). Esto supone un potencial conflicto entre el interés propio de la conservación con el necesario desarrollo de los pueblos que las habitan. No obstante, en muchos

casos las comunidades asentadas en las ANP han logrado establecer relaciones sanas y amigables con sus ambientes naturales²¹. Existen ejemplos alrededor del mundo y en nuestro país en los cuales el uso sustentable o la simple observación de la biodiversidad de las zonas protegidas han llegado a constituir un medio viable para obtener empleo e ingresos suficientes para muchas comunidades, permitiéndoles el desarrollo y la mejora de su calidad de vida sin afectaciones a la biodiversidad.

Veamos algunos números de la población que habita las ANP. En el caso de México, en 2005 cerca de 3.45

millones de personas vivían en zonas protegidas, es decir, alrededor del 3.3% de la población²². De las 900 áreas protegidas que se tenían registradas en ese año y que incluían no sólo a las federales, sino también a las de carácter estatal, municipal y privado, 279 tenían comunidades asentadas dentro de sus perímetros. Lamentablemente, muchas de estas personas viven en condición desfavorable: en el año 2000 poco más del 46% de la población de las ANP estaba clasificada en condiciones de alta y muy alta marginación. Esta situación hace más difícil la búsqueda y el alcance de una vida armónica entre la gente y los ecosistemas, fundamentalmente porque para tratar de cubrir sus necesidades básicas, pueden usar inadecuadamente los recursos naturales, incluyendo a la biodiversidad de las ANP.

²¹En el caso de México, los programas de manejo que se desarrollan para cada una de las ANP determinan los lineamientos básicos para su administración, incluidas las acciones y actividades que pueden realizarse dentro de ellas sin amenazar su biodiversidad.

²²Esta cifra incluye a los cerca de 857 mil habitantes que vivían en los parques nacionales que están dentro de las zonas metropolitanas de la Ciudad de México y Monterrey. Sin ellos tenemos entonces cerca de 2.6 millones de habitantes (esto es, 2.5% de la población nacional).

¿Qué tan efectivas resultan las ANP para proteger nuestra biodiversidad? A pesar de que es una pregunta difícil de contestar y de los pocos estudios completos que hay para saberlo, existe consenso mundial en el sentido de que las ANP han sido efectivas para evitar la pérdida de hábitats. Por ejemplo, un estudio realizado para medir la eficacia de 44 ANP federales de nuestro país mostró que en 57% de ellas la pérdida de la vegetación primaria fue menor dentro de las ANP que en sus zonas vecinas no protegidas entre 1993 y 2002.

Además de decretar sus propias ANP, numerosos países también participan en la creación de convenciones internacionales encaminadas a la conservación de áreas naturales particulares. El ejemplo más sobresaliente es la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, más conocida como Convención Ramsar (denominada así por haberse firmado en la ciudad iraní del mismo nombre en 1971), cuya misión ha sido promover la acción en y entre los países a favor de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

Hasta julio de 2010, la Convención reunía 160 países, sumando 1896 humedales de importancia internacional en una superficie cercana a los 185.5 millones de hectáreas. México firmó la Convención en noviembre de 1986 y cuenta actualmente con 130 sitios inscritos, con una superficie total de alrededor de nueve millones de hectáreas. Ejemplos notables de humedales mexicanos inscritos en la Convención son los manglares y otros ecosistemas costeros de la zona de Marismas Nacionales (en Nayarit y Sinaloa), el Sistema Arrecifal Veracruzano (en las costas del Golfo de México), los humedales del Lago de Pátzcuaro (Michoacán) y las pozas de Cuatrociénegas (Coahuila; Figura 89).

La Convención Ramsar se interesa en ecosistemas que incluyen desde pantanos y marismas, lagos y ríos, pastizales húmedos, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, hasta zonas marinas próximas a las costas, manglares y arrecifes de coral. También busca la protección de humedales de origen humano, como los estanques piscícolas, arrozales, embalses y salinas.

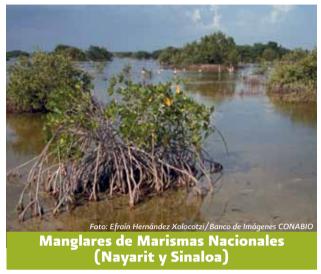
Pago por servicios ambientales

La conservación de los ecosistemas, sus especies y los servicios ambientales que nos brindan no podría conseguirse con tan sólo crear áreas protegidas en los países. Puesto que la capacidad de los gobiernos resultaría limitada en recursos para la adecuada vigilancia y operación de un número creciente de ellas (esto sin considerar la complejidad de las cuestiones sociales derivadas de su creación), se han ideado otros mecanismos que también permiten la protección de los ecosistemas naturales y de su biodiversidad y que permiten la obtención de ingresos a los legítimos propietarios de esas tierras. Entre los más importantes están los llamados Programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA).

Básicamente, los PSA buscan una manera alternativa de conservar o restaurar los recursos naturales de una región, que producen beneficios para la sociedad. Estos beneficios, aunque podrían no ser evidentes, son fundamentales para nuestro bienestar. Incluyen aspectos como la captura del agua de lluvia que abastece a nuestras ciudades, la fijación en la vegetación del bióxido de carbono atmosférico que producimos en exceso y la conservación misma de la biodiversidad de la que obtenemos tales beneficios. Si deseas saber más acerca de los servicios ambientales puedes consultar la sección de ¿Por qué es importante la biodiversidad? en el capítulo ¿Qué es la biodiversidad?

FIGURA 89

Ejemplos de humedales mexicanos inscritos en la Convención Ramsar







La esencia de los PSA radica en que la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad se consigue a través de un incentivo económico que reciben los dueños de las áreas en las que se producen los servicios ambientales. Dicho incentivo evita que los propietarios cambien los ecosistemas que están en sus terrenos a otros medios alternativos para obtener beneficios económicos, como podrían ser, por ejemplo, las tierras de cultivo o la cría de ganado.

Los Programas de Pago por Servicios Ambientales se han dirigido básicamente a proyectos para la protección de cuencas hidrológicas, la captura de bióxido de carbono, la conservación de la biodiversidad y la protección de lugares de especial belleza paisajística.

Estos programas engloban una variedad de estrategias, que van desde ofrecer pagos a los propietarios de la tierra para que no desmonten y conserven los bosques y selvas, pasando por aquellos que promueven la plantación de especies nativas en tierras agrícolas que han dejado de sembrarse (para que se restituyan o formen nuevos ecosistemas productores de servicios ambientales), hasta proyectos que incluyen actividades agroforestales, es decir, sistemas de manejo de la tierra que simultáneamente emplean cultivos tradicionales o pastos con árboles. En la Tabla 4 te mostramos algunos ejemplos de estos programas en el mundo.

Aunque estos programas se han hecho cada vez más comunes por todo el mundo y parecen propuestas novedosas, sus primeras expresiones surgieron desde mediados del siglo XX. En años recientes llegaron también a Latinoamérica, siendo Costa Rica uno de los primeros en establecerlos en 1997. En México, en 2003 se inició el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), a cargo de la

Comisión Nacional Forestal (Conafor), que paga incentivos a los dueños de terrenos o comunidades para que no desmonten sus predios cubiertos con bosques y puedan seguir brindando sus servicios ambientales, principalmente los relacionados con los recursos hídricos.

Un año después, comenzó 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

En México en el 2010, los dos programas de pago por servicios ambientales en marcha cubrían alrededor de 2.9 millones de hectáreas, es decir, cerca de dos veces y media la superficie de Querétaro.

(PSA-CABSA). En él, los pagos se les otorgan a los dueños y poseedores de los terrenos para que realicen acciones destinadas a mantener o mejorar la provisión de ciertos servicios ambientales, principalmente los relacionados con la reducción de las emisiones de carbono que exacerbarían el cambio climático, todo ello a través de la conservación y recuperación de las cubiertas vegetales.

Recuperación de los ecosistemas

Así como los restauradores de arte ponen manos a la obra cuando se trata de recuperar un cuadro, escultura, mural o edificio de valor artístico dañado por las inclemencias y el paso del tiempo, los científicos también se han dado a la tarea de restaurar los ecosistemas afectados por el hombre y la naturaleza.

Ejemplos de Programas de Pago por Servicios Ambientales en el mundo				
¿Cuál es el servicio ambiental?	¿Quién lo provee?	¿Quién lo compra?	¿Qué ganan los ecosistemas?	¿Cuánto se paga? (dólares)
COSTA RICA: Pagos de utilidades hidroeléctricas por servicios de cuencas				
Flujo de agua constante para la generación de energía hidroeléctrica	Propietarios privados de bosques río arriba	Hidroeléctricas privadas, Gobierno de Costa Rica y organizaciones no gubernamentales	Expansión y protección de bosques	Los propietarios que protegen sus bosques reciben \$45/ ha/año; los que los manejan sustentablemente \$70/ha/año y los que reforestan \$116/ha/año
COLOMBIA: Pagos de Asociaciones de Riego en el río Cauca				
Flujo de agua y reducción de sedimentos en los canales de riego	Propietarios privados de bosques río arriba	Asociaciones de riego y agencias gubernamentales	Reforestación, control de la erosión y protección de manantiales	Los miembros de la Asociación pagan una tarifa de \$1.5 a 2 por litro por arriba de la tarifa existente
AUSTRALIA: Pagos de Asociaciones de Riego para la Reforestación río Arriba				
Reducción de la salinidad del agua	Bosques estatales de Nueva Gales del Sur	Asociaciones de Agricultores de Riego	Reforestación a gran escala, considerando especies vegetales que ayudan a la desalinización de los suelos	Los agricultores pagan \$40/ha/ año por 10 años al Estado, los cuales se usan para reforestar en terrenos públicos y privados
MÉXICO: Pagos por captura de carbono en las Sierras Norte y Sur de Oaxaca				
Captura de bióxido de carbono	Bosques de las comunidades indígenas y campesinas de la Sierra Norte y Sur de Oaxaca	Empresas privadas que pagan por adquirir bonos de carbono	Reforestación, restauración y conservación de bosques	Los ingresos de las familias dueñas de los terrenos rebasan en 200% el salario mínimo vigente

La restauración ecológica, como se le conoce técnicamente, intenta, dentro de lo posible, volver a los ecosistemas a las condiciones previas al daño humano o natural que sufrieron, recuperando una parte o la totalidad de la diversidad de especies y de las relaciones que existían entre ellas y su ambiente, así como los servicios ambientales que prestaban. Se compone de un conjunto de técnicas que se han desarrollado y que se fortalece con los conocimientos teóricos generados por la ecología de la restauración, una disciplina científica por derecho propio que a su vez se alimenta con los conocimientos que producen tanto las disciplinas ambientales (como la ecología, fisiología y edafología, entre otras) como otras aparentemente lejanas, como la ingeniería ambiental.

Recientemente, la mayoría de los proyectos de restauración ecológica en el mundo se han orientado hacia la conservación de la biodiversidad, la recuperación del abastecimiento de agua, a cuestiones relacionadas con la salud y el manejo de las aguas residuales, para garantizar la seguridad alimentaria y hacia la mitigación del cambio climático y la prevención de desastres.

Imagina ahora que llegaras a un lago del que se ha drenado un gran volumen de agua, y el que permanece está contaminado, sin peces y con sus humedales casi secos; o qué tal un bosque en el que se talaron gran número de árboles y en su lugar han crecido arbustos no nativos en un suelo afectado por la erosión; o un arrecife en el que encalló recientemente un gran barco carguero y sus corales se hallan muertos o desprendidos del fondo. ¿Cómo se podría resarcir el daño y volver a cada uno de ellos a un estado cercano al que originalmente tuvieron? ¿Sería posible hacerlo? Hasta hace unas cuantas décadas, la respuesta

a estas preguntas se antojaba difícil, pero actualmente, gracias a la acumulación de muchos estudios científicos y al avance del estudio de la ecología ya podemos tener más respuestas y ofrecer alguna esperanza. Para mayores detalles de cómo los ecólogos restauran los ecosistemas, te recomendamos el *Recuadro De la regeneración natural a la restauración de los ecosistemas*.

De acuerdo con algunas estimaciones, el costo de la restauración ecológica puede variar de cientos a cientos de miles de dólares por hectárea restaurada, es decir, alrededor de 10 veces el costo de la misma superficie de áreas naturales protegidas adecuadamente manejadas. Moraleja: siempre será más barato conservar los ecosistemas que restaurarlos.

LAS LEYES Y LOS ACUERDOS TAMBIÉN AYUDAN A LA CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES Y ECOSISTEMAS

Dejemos por el momento a un lado las ANP, los programas de servicios ambientales y la restauración ecológica para hablar brevemente de la protección que establecen los gobiernos de los países (incluido México) por medio de las leyes. En México no existe una ley única en la cual se establezca la protección y el uso racional de la biodiversidad; por el contrario, existen numerosas medidas legales individuales, en forma de permisos o concesiones, o algunas de carácter más general, como son las leyes y sus reglamentos y las normas oficiales.

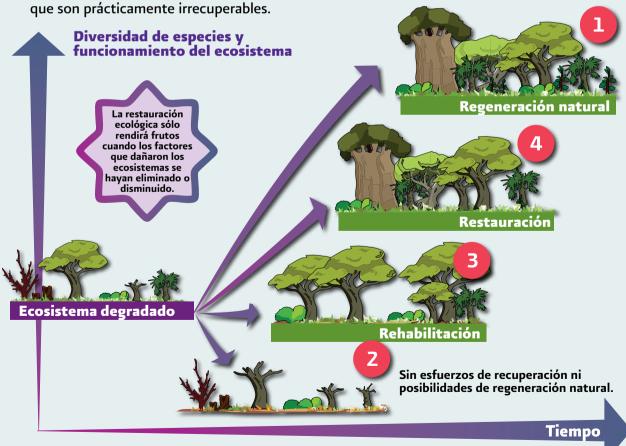
Una de las leyes más importantes es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual además de intentar establecer las bases para garantizar que cada uno de nosotros gocemos de un medio ambiente adecuado para nuestro desarrollo y bienestar,

RECUADRO

De la regeneración natural a la restauración de los ecosistemas

Los profesionales dedicados a la restauración tienen varias opciones cuando enfrentan el reto de recuperar un ecosistema. La que elijan dependerá del tipo de ecosistema, de las condiciones de deterioro en las que se encuentre y del dinero y esfuerzo humano que deberá destinarse a esa labor. Una de sus primeras alternativas será dejar al ecosistema degradado sin intervenir, dejando que la naturaleza haga todo el trabajo por medio de la regeneración natural (número 1 en la Figura). Por ejemplo, un campo agrícola abandonado, pero rodeado de selva, podría ser colonizado lentamente por las plantas y los animales y reconvertirse a una exuberante selva en unos cuantos lustros de no tener interferencia humana o sufrir de desastres naturales ocasionales.

Los científicos también podrían optar por dejarlo sin recuperar si fuese necesaria una inversión económica que no resultara costeable o fuese extremamente difícil de realizar. ¿Qué le pasaría entonces a los ecosistemas? Tristemente, una de las posibilidades es que se degradaran aún más hasta ser prácticamente irrecuperables, perdiendo rápidamente su biodiversidad y servicios ambientales (número 2). Las zonas en las que los suelos se han perdido por erosión y no queda más sustrato donde las plantas echen raíces son buenos ejemplos de ecosistemas que son prácticamento irrecuperables.



RECUADRO

De la regeneración natural a la restauración de los ecosistemas

Otra opción es rehabilitar el ecosistema, es decir, repararlo pero sin intentar devolverlo a su condición original; esto es, sin todas sus especies (incluso con especies distintas a las originales) o los servicios ambientales que proveía (número 3). En la rehabilitación, la comunidad científica usa las especies que considera las más importantes (como los árboles en los bosques y las selvas o los corales en los arrecifes), las cuales introducen en los sitios dañados y procuran de cuidados. Habiendo logrado que sobrevivan, esperan a que las otras especies regresen de sitios cercanos bien conservados, se reintegren y a que con ello se recuperen algunos de los servicios ambientales que brindaban. Una de las técnicas más comunes de rehabilitación, en particular de los sitios dominados por árboles, es la reforestación, que consiste en plantar renuevos o árboles muy jóvenes en zonas con ninguna o escasa cubierta vegetal.

La última de las opciones es la restauración de los ecosistemas, en la cual sí se busca la reconstrucción del ecosistema original con gran parte de sus especies, de las relaciones entre ellas y la recuperación de la mayoría de sus servicios ambientales (número 4). En estos casos, por lo general, la inversión económica y el esfuerzo necesario son enormes, así como el tiempo necesario para conseguirlo, pero la importancia ambiental, económica o social del ecosistema lo amerita.

Debemos decirte que la restauración ecológica sólo rendirá frutos cuando los factores que dañaron los ecosistemas se hayan eliminado o disminuido. Si no se detiene la deforestación o la tala ilegal en una selva rehabilitada o restaurada, su recuperación habrá sido en vano. Además, aunque la restauración es muy útil para proteger la biodiversidad, requiere de una gran inversión de dinero y de recursos humanos, así como de un importante acervo de conocimientos sobre su ecología, que sólo se obtienen después de muchos años de laboriosos estudios.

Los costos de la restauración de los ecosistemas son sorprendentes: en general, resultan más costosos los ecosistemas marinos y costeros (tan sólo el restaurar una hectárea de arrecife de coral puede alcanzar los 542 000 dólares) que los ecosistemas terrestres (p. e., desde 260 hasta 3 500 dólares por hectárea para los bosques tropicales). Por eso hay que recordar que siempre será más barato y mejor, desde la perspectiva de la biodiversidad, protegerla y conservarla en su estado natural que intentar recuperarla. Si quieres conocer el valor de los servicios ambientales que proveen algunos ecosistemas te recomendamos consultar la Figura 20 en el capítulo ¿Qué es la biodiversidad?

también busca la protección y preservación de la biodiversidad, entre otros aspectos. Existen, además de la LGEEPA, otras leyes muy importantes que encontrarás mencionadas en la Tabla 5.

Otra de las estrategias para proteger la biodiversidad ha sido la inclusión de muchas especies dentro de los llamados listados de riesgo, los cuales siguiendo criterios técnicos específicos y la experiencia de muchos científicos, las clasifican en alguna categoría de riesgo. El uso de los criterios, métodos y las categorías de clasificación de los listados depende de la organización internacional o del gobierno que los publique, por lo que no deberá sorprenderte que las especies que enlista un país pueden no estar incluidas o estar en diferente categoría en las listas que publican ciertas organizaciones internacionales.

Otro punto importante es que, mientras que las listas globales tan sólo sirven para alertar sobre el estado de riesgo de las especies, las publicadas por los países tienen por lo general carácter legal, es decir, protegen o regulan la explotación de las especies bajo leyes y reglamentos específicos que los ciudadanos y los gobiernos deben cumplir. La utilidad de las listas mundiales radica en que los gobiernos de los países pueden establecer, teniéndolas como guías, estrategias o programas encaminados a su protección y recuperación.

A nivel mundial, la lista más importante la publica periódicamente la UICN, conocida como la Lista Roja de las Especies Amenazadas. En México, la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 es el instrumento legal que enlista las especies y subespecies de flora y fauna en alguna categoría de riesgo. Para mayores detalles de las especies

Algunas de las leyes en materia ambiental más importantes en México			
Ley	Objetivo		
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Establece las bases para garantizar a los ciudadanos un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar; busca la preservación y restauración del ambiente y la conservación de los ecosistemas.		
Ley General de Vida Silvestre (LGVS)	Sienta las bases para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y sus hábitats. En esta ley se establece a las Uma¹ como la principal herramienta para el aprovechamiento de la vida silvestre.		
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)	Regula y fomenta la conservación, protección, restauración, producción, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.		
Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS)	Establece las bases para el desarrollo rural sustentable por medio de la planeación y organización de la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, y todas aquellas acciones tendientes a elevar la calidad de vida de la población rural, en el marco de un medio ambiente adecuado.		
Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM)	Regula las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación, comercialización, importación y exportación de organismos genéticamente modificados.		
¹ Este instrumento lo encontrarás descrito en la sección de Desarrollo sustentable más adelante.			

incluidas en la Norma te recomendamos revisar en el capítulo ¿Cuál es la situación de la biodiversidad? en este libro.

Por otro lado, ante la preocupación de la pérdida de la biodiversidad, los países además de promulgar sus propias leyes y programas, también se han organizado para firmar acuerdos en favor de la biodiversidad global. El más importante y que constituye el principal instrumento internacional para todos los asuntos relacionados con ella es el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés), en el que participan 193 países, incluido México, que lo firmó en 1993. Mayores detalles al respecto los podrás encontrar en el *Recuadro Al rescate de la biodiversidad global: el Convenio sobre la Diversidad Biológica*.

En febrero de 2011 México firmó, en el marco de la Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Protocolo de Nagoya sobre Acceso a Recursos Genéticos y Distribución de Beneficios, el cual busca salvaguardar los recursos genéticos y el conocimiento de las comunidades asociado a ellos, así como prevenir la biopiratería y distribuir beneficios justos y equitativos por el uso de estos recursos a nivel mundial.

Como resultado del tráfico ilegal de plantas y animales, surgió también un acuerdo internacional enfocado a regular el comercio de la biodiversidad, y en 1973 con la aprobación de 80 países se formó la Convención sobre el

RECUADRO

Al rescate de la biodiversidad global: el Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) fue impulsado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y entró en vigor a finales de 1993. Sus tres objetivos



fundamentales son: 1) la conservación de la diversidad biológica, 2) su uso sustentable y 3) el acceso y la repartición justa de los beneficios económicos que se derivan de la utilización de los recursos genéticos de las especies.

Los gobiernos de los países que han firmado este Convenio, se han comprometido a desarrollar estrategias, planes y programas que ayuden a cumplir con sus objetivos. Desafortunadamente, éstos no se han cumplido del todo. La superficie de muchos ecosistemas sigue disminuyendo, así como la abundancia y distribución de muchas especies y la pérdida de la diversidad genética. Sin embargo, como el mismo Convenio lo reconoce, no todas son malas noticias, se ha avanzado significativamente en el crecimiento de las áreas naturales protegidas.

Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) que entró en vigor en 1975 y en el que actualmente se suman 175 países, incluido México. Para mayores detalles de la CITES, te recomendamos leer el Recuadro Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). México participa además en otros convenios regionales e internacionales, entre los que destacan la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas y el Protocolo de Cartagena (que intenta garantizar la protección de la biodiversidad de los posibles efectos adversos de los organismos genéticamente modificados).

¿Cómo manejar sustentablemente la biodiversidad?

En las secciones anteriores hablamos sobre algunas de las principales estrategias que se usan en México y otros países para conservar y recuperar la biodiversidad. En esta sección cambiaremos a un enfoque complementario, que propone una relación diferente con la naturaleza a la que mantuvimos durante tantos siglos. Es la visión del desarrollo sustentable y que seguramente habrás escuchado repetidamente en los medios de comunicación. Si deseas saber más acerca de las primeras expresiones de este concepto en los foros mundiales, te recomendamos leer el Recuadro El informe Brundtland y el desarrollo sustentable.

El concepto de desarrollo sustentable considera básicamente que para alcanzar el bienestar, la humanidad no sólo debe considerar estrategias que se basen en el cuidado y uso racional del ambiente y sus recursos, sino también en el papel relevante que juegan en este escenario las sociedades humanas que lo habitan y lo usan, así como su crecimiento económico (Figura 90).

A fin de cuentas, ¿qué es lo que debe ser sustentable y qué debe desarrollarse según esta visión? Te podemos adelantar que existen muchas posibles respuestas, pero las siguientes ideas resumen lo que comúnmente los países y los expertos entienden y manejan al respecto.

En el contexto ambiental, la sustentabilidad se orienta, en lo más general, a la viabilidad del planeta, y en lo particular, a la permanencia de la biodiversidad, de los ecosistemas y sus servicios ambientales, de los recursos naturales y de las condiciones ambientales que nos permitan vivir adecuadamente. Sin embargo, el enfoque busca conseguir el desarrollo armónico entre las esferas social, económica y ambiental, a través de acciones que no mejoren tan sólo alguna de ellas e ignoren o afecten a las otras.

En las cuestiones sociales, la sustentabilidad busca, por ejemplo, reducir la mortalidad infantil, aumentar nuestra esperanza de vida y mejorar la educación y las condiciones de equidad entre los seres humanos. El desarrollo económico, por su parte, persigue incrementar la riqueza de las naciones a través del crecimiento de la productividad de los distintos sectores (p.e., agricultura, ganadería, pesca e industria) y de la venta de sus productos.

RECUADRO

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Debido a los problemas que provoca a la biodiversidad su explotación y comercio no controlado, existe un acuerdo internacional que regula la adquisición de ejemplares de especies silvestres y sus productos mediante el comercio internacional, sobre todo de aquéllas que se encuentran en alguna categoría de riesgo. Este marco es la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés), al cual México se adhirió en 1991. La CITES protege alrededor de 5 000 especies de animales y 28 000 de plantas, a las cuales clasifica en tres listados, llamados técnicamente Apéndices, y que se diferencian por el nivel de protección que se da a las especies:

Apéndice I: se encuentran aquí las especies en peligro de extinción y que por lo tanto se prohíbe su comercio internacional, con excepción del intercambio con fines no comerciales, como por ejemplo, para la investigación científica.

Apéndice II: incluye a las especies que no necesariamente están amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo si no se controla estrictamente su comercio.

Apéndice III: están aquí las especies que los países miembros han solicitado su inclusión debido a que su comercio se ha regulado internamente y a que necesita la cooperación internacional para evitar la explotación no responsable o ilegal.

De acuerdo con la Conabio, en los Apéndices de la CITES hay alrededor de 2 500 especies mexicanas, incluyendo cactáceas, orquídeas, cícadas, bromelias, helechos, agaves, aves, mamíferos, reptiles, anfibios, corales, arácnidos, moluscos y peces, entre otros grupos.







El informe Brundtland y el desarrollo sustentable

La primera expresión del desarrollo sustentable apareció hace poco más de dos décadas en el Informe Nuestro Futuro Común (también conocido como Informe Brundtland), publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) de las Naciones Unidas. En el Informe la Comisión reconocía que:

"...medio ambiente y desarrollo no constituyen desafíos separados; están inevitablemente ligados. El desarrollo no se mantiene si la base de los recursos ambientales se deteriora; el medio ambiente no puede ser protegido si el crecimiento no toma en cuenta las consecuencias de la destrucción ambiental."

Estas afirmaciones constituyeron sin duda una base importantísima para el cambio de la visión mundial y este nuevo modo de actuar. Respecto al desarrollo sustentable decía que:

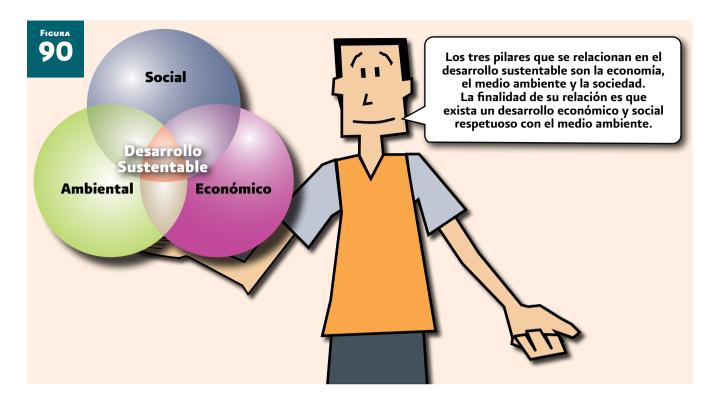


Gro Harlem Brundtland, ex-Primera Ministra Noruega, quien lideró la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas

"...la humanidad tiene la habilidad para hacer sustentable el desarrollo –asegurando que el mismo atienda a las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones por atender sus propias necesidades..."

Es justo esta consideración de equidad hacia las generaciones del futuro la que ha caracterizado desde entonces la definición del desarrollo sustentable y la de más amplio uso. El *Informe* heredó a la comunidad mundial una forma de entender el bienestar humano que fue, y ha sido desde entonces, un llamado a cambiar las estrategias que seguían los gobiernos de los países hasta ese momento, tanto en las cuestiones relativas a la economía y la sociedad, como en materia del medio ambiente. Dejaba claro que el desarrollo sustentable no busca que la naturaleza y los recursos naturales se mantengan prístinos e intocables, sino que incorpora su uso, conservación y restauración por parte de las sociedades, con una visión de largo plazo.

Qué difícil tarea conjuntar todos estos objetivos, ¿no te parece? Sin embargo, te debemos decir que muchas de las ideas y acciones de las que platicamos en los párrafos previos, tales como la creación de áreas naturales protegidas, los programas de pago por servicios ambientales y de recuperación de especies y de ecosistemas, así como todo el marco legal que se crea para regular estas acciones, están en el contexto de un desarrollo sustentable.



Sin ánimo de hacer una revisión exhaustiva de todas las acciones que se hacen encaminadas directamente al uso sustentable de la biodiversidad, te presentaremos las más importantes.

Reconciliando las actividades agropecuarias con el ambiente

actividades Durante mucho tiempo, las agropecuarias, aunque contribuyeron mantenimiento de las comunidades rurales y a generar los alimentos que necesitamos, también promovieron el deterioro del ambiente. Básicamente, la transformación de los ecosistemas naturales a campos productivos, la degradación de los ecosistemas remanentes (por el sobrepastoreo, por ejemplo) y la contaminación de las aguas y los suelos con fertilizantes y pesticidas fueron sus principales consecuencias.

Sin embargo, desde hace ya algunos años, comenzó la tarea de reconciliar estas actividades con el ambiente. Una de las maneras de hacer las tierras agropecuarias un poco más sustentables se llama reconversión productiva y busca: 1) hacerlas más productivas para garantizar la alimentación de la población y la reducción de la presión para abrir nuevas tierras de cultivo; 2) cambiar a cultivos más adecuados para cada región, y 3) transformar los sistemas productivos a otros en los cuales se puedan aprovechar las cualidades biológicas de árboles y arbustos mediante el establecimiento de sistemas agroforestales, silvopastoriles, de reforestación o plantaciones forestales comerciales.

Paralelamente se intenta que las actividades agropecuarias no aumenten su superficie (con lo cual se evita la pérdida de ecosistemas) y que se reduzca la contaminación y vulnerabilidad del suelo y agua por el uso inmoderado de fertilizantes y plaguicidas. Dentro de las estrategias, la promoción de la producción orgánica es otra opción importante; encontrarás más al respecto en el *Recuadro Producción ambientalmente amigable: los productos orgánicos*.

Producción ambientalmente amigable: los productos orgánicos



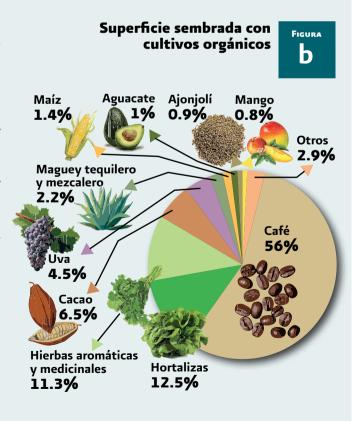
Contribución de las entidades a la producción nacional de cultivos orgánicos



Posiblemente hayas visto y quizá comprado en los supermercados y otros establecimientos la leche, carne, verduras y frutas que se producen sin el uso de aguas residuales, productos químicos (como fertilizantes, plaguicidas, edulcolorantes y hormonas) o de organismos genéticamente modificados. Estos productos, llamados orgánicos, pueden reducir el deterioro del ambiente, e incluso, proteger directa o indirectamente a la biodiversidad, ya que su producción no contribuye a la contaminación producida por todos los compuestos químicos que, además de matar a las plagas agrícolas, afectan a muchas otras especies que no lo son (para más detalles te recomendamos el capítulo ¿Qué amenaza a la biodiversidad?).

La agricultura orgánica se realiza en 136 países en cerca de 26 millones de hectáreas y genera una ganancia económica de alrededor de 28 000 millones de dólares anuales. Nuestro país ocupa el lugar 30 entre los productores, mientras que el consumo se concentra en Estados Unidos, Europa y Japón, con alrededor del 65% del mercado.

En México en 2008, la superficie destinada a estos cultivos alcanzó poco más de 395 000 hectáreas, siendo los mayores productores Chiapas y Oaxaca (Figura a). La producción orgánica nacional la atienden alrededor de 83 000 productores, lo cual nos convierte en el país con el mayor número de productores en el mundo. En México se siembran más de 50 productos orgánicos, siendo los que ocupan mayor superficie el café, las hortalizas y las hierbas aromáticas y medicinales (Figura b). En el caso de la ganadería orgánica, los productos más importantes son la carne y leche de bovinos, los forrajes y la carne de ovinos. Sin embargo, su superficie de producción es menor que para el caso de la agricultura orgánica, con tan sólo 16 000 hectáreas en 19 estados del país (Veracruz, Tabasco, Tamaulipas y Sonora son las entidades con mayor superficie destinada a esta actividad).



Los abonos verdes son una de las estrategias para la reconversión productiva. En lugar de emplear fertilizantes y otros agroquímicos, se utilizan cultivos de rápido crecimiento que se cosechan y cuyos residuos se entierran en el mismo lugar donde se producen, enriqueciendo el suelo con nutrimentos. Esta técnica se ha impulsado en los trópicos húmedos, principalmente en México y Centroamérica.

Los bosques como aliados para el desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable también considera que los bosques y selvas no deben explotarse hasta dejar unos cuantos árboles en pie. Junto a su aprovechamiento racional, este enfoque intenta preservar su biodiversidad y sus servicios ambientales, sin dejar a un lado la búsqueda del bienestar de las comunidades que los aprovechan o habitan.

El manejo forestal sustentable, como se le llama técnicamente, busca aprovechar los recursos maderables y no maderables²³ de los bosques y selvas, garantizando su permanencia y su productividad por largo tiempo. Con ello, las comunidades se benefician significativamente, ya que además de obtener productos que les generan ingresos económicos, continúan gozando de los bienes y servicios ambientales que les proveen estos ecosistemas. Por su parte, la biodiversidad también gana, ya que los ecosistemas no son degradados y están vigilados por sus dueños.

Otro de los propósitos de este tipo de estrategias es no aprovechar tan sólo la madera y los productos no maderables, sino ampliar el uso de estos ecosistemas. Esto quiere decir, desarrollar otras actividades que generen ingresos y trabajo para la gente, como son el ecoturismo o incluso, el aprovechamiento de la vida silvestre. Así, por ejemplo, en la comunidad indígena de San Juan Nuevo Parangaricutiro, en Michoacán, el programa de desarrollo forestal de la comunidad incluye, además de la explotación y transformación de la madera, cabañas para que la gente visite y disfrute del bosque y de sus criaderos de venado cola blanca (Odocoileus virginianus).

Uno de los ingredientes más importantes del manejo sustentable de los bosques es la participación de las comunidades. En muchos países del mundo y en México se ha buscado que los dueños de las tierras en las que están los bosques y selvas encuentren empleo en su explotación racional, lo que además de permitirles obtener ingresos para mantener a sus familias, también les permite ganar dinero por medio de inversiones para adquirir los materiales y la infraestructura necesaria para desarrollar la actividad forestal y mejorar los servicios de las comunidades. Si deseas saber más acerca de los programas que se han desarrollado en México en este sentido te recomendamos el Recuadro El manejo sustentable de los bosques en México.

Aprovechando sustententablemente la vida silvestre

Las comunidades humanas han extraído de la vida silvestre muchos de sus artículos básicos, como los alimentos, los materiales para vestirse y otras tantas materias primas. Sin embargo, en muchos casos este aprovechamiento ha sido ilegal e inadecuado, lo que ha puesto a muchas especies en peligro de extinción.

²³El producto forestal más importante es la madera (útil para producir tablas, celulosa, chapa, triplay, leña para carbón y los durmientes de las vías del ferrocarril); los productos no maderables incluyen la tierra de monte para horticultura, resinas, ceras, fibras y gomas, entre otros productos.

El manejo sustentable de los bosques en México



En muchos lugares de México, la explotación de los bosques y selvas continúa siendo una actividad altamente perjudicial para el ambiente. Se extraen grandes cantidades de madera y de otros productos forestales que impiden la regeneración natural de estos ecosistemas. Sin embargo, desde hace más de una década, existen programas que buscan el manejo adecuado de nuestra riqueza forestal, permitiendo que los dueños de los terrenos donde existen estos ecosistemas puedan explotarlos de manera sustentable, obtener ingresos económicos por ello, y garantizar su permanencia en el futuro y la continuidad de sus servicios ambientales. Los más importantes son el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (Procymaf).

El Prodefor apoya económicamente a los dueños de terrenos para que aumenten la cantidad de producto que extraen de los bosques sin llegar a deteriorarlos, incrementando con ello sus ingresos económicos, así como para que dicha productividad no descanse tan sólo en la madera, sino también en otros productos forestales no maderables como las resinas, leña, fibras, frutos y plantas medicinales. Este programa ha crecido significativamente desde su creación en 1997: pasó de 3 millones a 18.1 millones de hectáreas apoyadas en 2008. Los principales ecosistemas beneficiados han sido los bosques templados y las selvas, aunque también debemos mencionar a los matorrales xerófilos, básicamente por su riqueza en productos como ceras, resinas y fibras.

Por su parte, el Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (Procymaf) intenta que ejidos y comunidades, principalmente indígenas, ubicados en regiones prioritarias de los estados de Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Chiapas, Chihuahua, Campeche, Puebla, Veracruz y México, establezcan prácticas adecuadas de manejo forestal. Desde su inicio en 1998 y hasta 2007, este programa benefició poco más de 467 000 hectáreas.

La sustentabilidad ahora intenta el uso de la vida silvestre de tal modo que garantice que las especies aprovechadas no desaparezcan y que la situación económica y social de una parte de la población mejore. Este nuevo esquema ha roto con la vieja práctica de prohibir el aprovechamiento de la vida silvestre a sus legítimos propietarios, es decir, a todos esos dueños de terrenos en los que existen bosques, selvas y otros ecosistemas, y que por los efectos de las vedas, reglamentos, prohibiciones y otras regulaciones eran excluidos a la hora de obtener ganancias del aprovechamiento de ésta. El instrumento más importante que se ha implementado en nuestro país es el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, conocidas comúnmente como Uma, de las que encontrarás más información en el Recuadro Las Uma y el manejo sustentable de la vida silvestre en México.

Viajando sustentablemente

Probablemente habrás escuchado o viajado en algún plan o destino denominado ecoturístico. Este tipo de turismo tiene características peculiares; quizá la más importante es que está claramente orientado hacia el disfrute de la naturaleza, y se consigue por diversos medios, entre ellos por la práctica de deportes (por ejemplo, la escalada en roca o el descenso en ríos), la observación escénica de paisajes y de animales (como la observación de ballenas o los bosques de cactáceas columnares) o por caminatas en senderos dentro de los ecosistemas naturales.

A diferencia del turismo convencional, que no es muchas veces amigable con el ambiente (pues ha conducido a la pérdida de ecosistemas, contaminación de las aguas y sobreexplotación de los recursos naturales, entre otras consecuencias), el ecoturismo intenta reducir el impacto negativo de la visita humana en el entorno natural. Aunado a ello, cuenta en muchos casos con un componente de educación ambiental que nos permite como paseantes aprender y entender algunos aspectos referentes a los ecosistemas y su cuidado.

En muchos países, el ecoturismo constituye una importante entrada de dinero. Por ejemplo, Kenia, donde se encuentran muchos de los parques naturales con los paisajes típicos de las sabanas africanas, recibe cerca del 30% de sus ingresos de dinero extranjero por esta vía. México también es un país privilegiado para establecer este tipo de turismo. Dada la riqueza de ecosistemas y de especies, tanto terrestres como marinos, existen muchos sitios donde se ha desarrollado el ecoturismo.

Algunos ejemplos de ecoturismo en el país son la observación de las ballenas grises (Eschrictius robustus) y jorobadas (Megaptera novaeangliae) en Baja California, y del tiburón ballena (Rhincodon typus), al cual acuden a ver y a nadar con él muchísimas personas frente a las costas de Yucatán año tras año. En este último caso, la actividad representó tan sólo desde la perspectiva económica entre 2004 y 2005 alrededor de 5.6 millones de pesos.

El desarrollo sustentable, como podrás notar, es un mundo en el cual día tras día se acumulan buenas experiencias y nuevos conocimientos que

Las Uma y el manejo sustentable de la vida silvestre en México

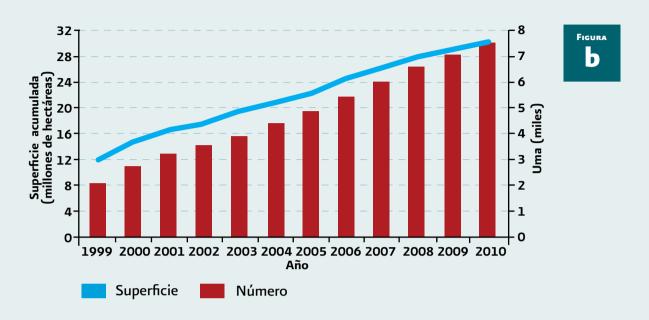
Cuando la biodiversidad se maneja adecuada y responsablemente puede contribuir a mejorar los ingresos económicos de muchas comunidades. Con este fin, en México se han diseñado diversas estrategias entre las que destaca el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Suma), que se inició en 1997 y agrupa a las Uma (Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre). En general, la idea detrás de su funcionamiento es simple: el propietario de un terreno tiene derecho a hacer uso de la vida silvestre presente en él (con previo consentimiento de la autoridad ambiental), siempre y cuando garantice que dicha utilización o explotación no pone en riesgo la permanencia de las especies presentes en el ecosistema. Existen diversas actividades que se pueden realizar en una Uma: observar la naturaleza, cultivar plantas, criar animales para su venta o hacer un aprovechamiento cinegético, es decir, permitir que se practique la caza de animales. Esta última es la modalidad más frecuente y para la que está destinada una mayor superficie.

Además de promover una actividad económicamente rentable del uso de la biodiversidad, una ventaja adicional de las Uma es que a la vez que protegen a las especies de vida silvestre útiles, también ayudan a la protección de sus ecosistemas. ¿Cómo lo hacen? Al depender del buen estado de la vida silvestre que habita en sus terrenos, los dueños procurarán que los ecosistemas estén bien conservados para que los animales que les interesan sigan visitándolos, anidando en ellos o las plantas sigan creciendo y reproduciéndose. Así, de manera indirecta, evitan cambiar a otros usos del suelo (como tierras agrícolas o ganaderas) y cualquier actividad que degrade estos ecosistemas.



RECUADRO

Las Uma y el manejo sustentable de la vida silvestre en México



Algunas de las especies que se aprovechan en las Uma del norte del país en las que se practica la cacería cinegética son el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado bura (*O. hemionus*), el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y algunas especies de palomas y aves acuáticas. En el sur destacan además del venado cola blanca, el temazate (*Mazama americana*), el pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*), el hocofaisán (*Crax rubra*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*). Sin embargo, las Uma también pueden funcionar como destinos ecoturísticos, centros de exhibición de vida silvestre, producción de pies de cría, bancos de germoplasma o centros de investigación.

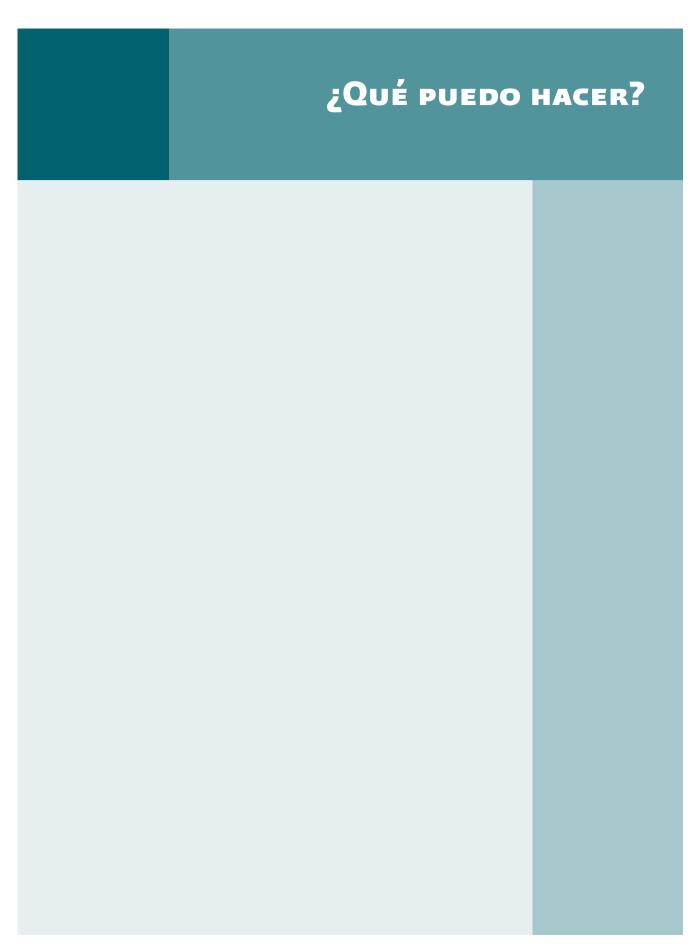






sirven de ejemplos para comunidades, países y regiones enteras. Nuestras últimas palabras aquí serán para alentarte a participar en este cambio de rumbo que significa intentar alcanzar el verdadero desarrollo sustentable. Aunque pareciera, por lo que hemos dicho hasta ahora, que este es un tema que sólo les compete a los gobiernos de los países o a las autoridades locales, en realidad no es así. Cada uno de nosotros puede llevar a cabo muchas acciones que ayuden a que la biodiversidad del planeta permanezca para el deleite y uso de cada uno de nostros y de las generaciones venideras. Esta no será una tarea sencilla, y menos para unos cuantos, pero puedes estar seguro que si cada uno de nosotros nos sumamos a la causa, si todos en la sociedad y los gobiernos buscamos con tenacidad lograr la sustentabilidad de nuestro hogar, la Tierra, lo podremos conseguir.

Probablemente estés preguntándote qué puedes hacer para ello, y justamente te ayudaremos a que encuentres algunas respuestas a tus dudas en la siguiente sección del libro. Te brindaremos, además de consejos prácticos e información que te ayudará a descubrir y gozar de la biodiversidad de tu comunidad o de zonas cercanas, una serie de acciones puntuales para que colabores, desde tu casa, trabajo o la calle, en la conservación y el uso sostenible de muchas especies y ecosistemas. Puedes estar seguro de que si adoptas algunas o muchas de las sugerencias que ahí encontrarás, e incluso las compartes con tu familia y amigos, estarás ayudando significativamente preservación de nuestra enorme riqueza biológica. ¡Te lo garantizamos!



Quizá lo primero que se te ocurrió al leer esta frase fue: ¿realmente puedo hacer algo para ayudar a conservar la biodiversidad? La respuesta es Sí.

Aunque quizá la acción aislada de uno de nosotros podría resolver muy poco, si sumamos a nuestras acciones, las de nuestros familiares y amigos, y a su vez conseguimos que ellos convenzan a los suyos, al cabo de poco tiempo podríamos ser quizá diez o mil o millones de personas actuando en contra de la pérdida de las especies y de los ecosistemas. De esta manera podemos asegurarte que los efectos se notarán y serán muy significativos en el futuro.

Es muy importante que comprendamos que si bien somos beneficiarios de la biodiversidad, también nos corresponde una parte de la responsabilidad de cuidarla. Para ello, uno de los primeros pasos es, sin duda, conocerla y valorarla.

En la primera parte de esta sección te presentamos algunos ejemplos de especies extraordinarias por su tamaño, fuerza o habilidades; ecosistemas fascinantes por su riqueza de especies o condiciones extremas en donde se desarrollan y fenómenos asombrosos como migraciones de ballenas y aves. Además, te recomendaremos sitios en los cuales podrás conocer la biodiversidad del pasado a través de los fósiles, incluyendo desde los grandes dinosaurios hasta los diminutos trilobites.

La segunda parte la dedicaremos a ofrecerte sugerencias de acciones que podrías emprender para ayudar a preservar nuestra maravillosa herencia biológica en sus ambientes naturales, en las ciudades, e incluso, en tu casa. Ten la certeza de que al realizar algunas de ellas estaremos contribuyendo con nuestro granito de arena en la conservación de la diversidad biológica que aún tenemos.

Conociendo la biodiversidad: los más extremos

Ejemplos de especies y ecosistemas asombrosos están por todos lados. Aquí te presentamos una lista de los que podríamos llamar "los más extremos".

El sitio más diverso...



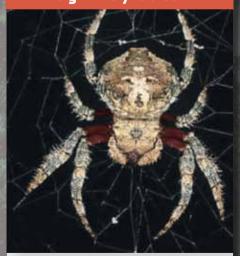
de los ecosistemas terrestres en el mundo es el Parque Nacional Yasuni, Ecuador, que alberga aproximadamente 2 300 especies de árboles y arbustos, 105 de anfibios, 121 de reptiles, 567 de aves, el 40% de las especies de mamíferos del Amazonas y más de 100 000 especies de insectos por hectárea.

El que vive a mayor profundidad...



es un anfípodo (grupo al que pertenecen las cochinillas de jardín) llamado *Hirondella gigas*, encontrado en la fosa de las Marianas en el océano Pacífico a 11 000 metros.

La más grande y fuerte..



de las telarañas es la que teje la araña *Caerostris darwini*, que vive en Madagascar. La tela puede llegar a medir más de 25 metros de ancho y atrapar hasta ¡30 presas!

La más rápida..



de las plantas es la Venus atrapa moscas (*Dionaea muscipula*), originaria de las zonas pantanosas de las Carolinas en Estados Unidos, y que ahora se vende en muchas tiendas de jardinería. Captura a los insectos que se posan en sus hojas, encerrándolas en fracciones de segundo. Posteriormente libera sustancias que le ayudan a digerirlos.

El que crece más rápido..



es el bambú pardo (Phyllostachys edulis), originario de China: ¡puede crecer hasta cuatro centímetros por hora, alcanzando casi un metro en un solo día!

Conociendo la biodiversidad: los más extremos

El más dormilón...



es el perezoso (Bradypus variegatus), que puede dormir más de 20 horas al día. Este mamífero arborícola de Centro y Sudamérica llega a vivir 30 años, 25 de los cuales puede pasarlos durmiendo. Además, se desplaza a sólo medio kilómetro por hora.

La que tiene más genes...



entre los animales es la pulga de agua *Daphnia pulex*, cuyo genoma registra aproximadamente 31 000 genes. Como referencia, los humanos tenemos 23 000 y la bacteria *Escherichia coli* cerca de 3 200.

El más alto...



de los organismos vivientes es la secuoya gigante (Sequoia sempervirens), un árbol de algunos bosques de California, Estados Unidos. Puede alcanzar alturas de entre 122 y 130 metros, esto es, poco más de tres veces la altura de la columna de la Independencia de la Ciudad de México.

El más fuerte...



en proporción a su tamaño, es el escarabajo rinoceronte (Xylotrupes gideon). Habita en Asia y puede levantar 850 veces su peso. Si un humano de 80 kilos quisiera igualarlo, necesitaría levantar aproximadamente 68 toneladas, esto es, alrededor de 45 autos compactos.

Un ecosistema acuático realmente extremo...

se encuentra en las llamadas ventilas hidrotermales de los fondos oceánicos. A pesar de ser ambientes carentes de luz, con temperaturas de entre 40 y 60°C y donde las presiones son gigantescas (pues están a profundidades de entre 1 500 y 4 000 metros), son habitadas por especies de bacterias, bivalvos, crustáceos y gusanos, entre muchas más.

La más grande...



de las flores es la de la planta parásita Rafflesia arnoldii, que crece en Borneo y Sumatra. Mide más de 90 centímetros de diámetro y pesa unos 11 kilogramos.



Afortunadamente en México aún existen muchos sitios donde puedes asombrarte con la biodiversidad en su ambiente natural. La belleza de sus ecosistemas y paisajes, la singularidad y carisma de sus especies, y la ocurrencia de fenómenos asombrosos los hace lugares ideales para visitar en vacaciones o en fines de semana. Aquí te presentamos algunas opciones, pero no olvides que hay muchas más a lo largo y ancho del país que lograrán satisfacer a todos los gustos. Varios de esos sitios son áreas naturales protegidas y con suerte están cerca de donde vives. Te garantizamos que en ellos pasarás ratos muy divertidos, aprenderás muchas cosas y quizá desees salir más frecuentemente a encontrarte cara a cara con la naturaleza.



Es probable que para conocer algunos de los tesoros que esconde la naturaleza debas caminar largas distancias o subir pendientes, tal vez viajar en lancha y mojarte un poco. Por ello, para facilitar tu viaje te recomendamos consultar previamente la información del sitio; de esta manera conocerás detalles sobre cómo llegar, si hay guías autorizados, qué actividades puedes realizar o si necesitas llevar equipo extra (lámpara, chamarra, impermeable, etc.). Así disfrutarás más y con mayor seguridad tu visita. ¿Aceptas el reto?

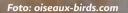
Para visitar en México...



Gigantes migrantes: las ballenas grises

Las ballenas grises (Eschrictius robustus) llegan en invierno a las costas mexicanas luego de un largo viaje de más de 10 000 kilómetros desde Alaska hasta la laguna Ojo de Liebre, en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, Baja California. Ahí nacen sus crías e inician nuevos cortejos. Con buena suerte, a bordo de una lancha, podrás ver a estos gigantes de más de 30 toneladas con sus crías o dando saltos fuera del agua.





El vuelo y anidación de las guacamayas verdes

Si quieres contemplar el majestuoso vuelo de las guacamayas verdes (*Ara militaris*), el sitio ideal para visitar es el Sótano del Barro, en la Reserva de la Sierra Gorda, Querétaro. Aquí anida la única población que hay en la región centro del país, compuesta por decenas de estas aves .



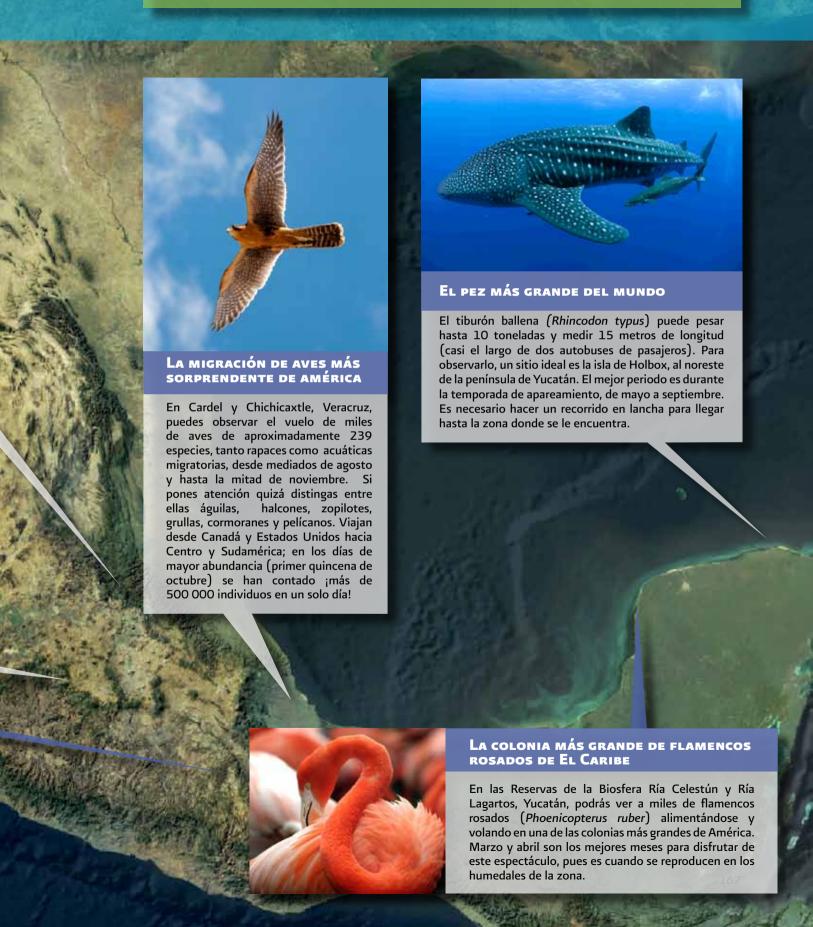
Cada año, entre octubre y noviembre, millones de mariposas monarca (Danaus plexippus) finalizan su viaje de 4 000 kilómetros desde Canadá y Estados Unidos para hibernar en los bosques de los estados de México y Michoacán, en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Ahí podrás ver a millones de ellas colgadas de los árboles y muchas otras revoloteando entre las ramas. A finales del invierno, una nueva generación, nacida en México, regresará a su sitio de origen para comenzar un nuevo ciclo.



LOS BOSQUES DE CACTÁCEAS COLUMNARES

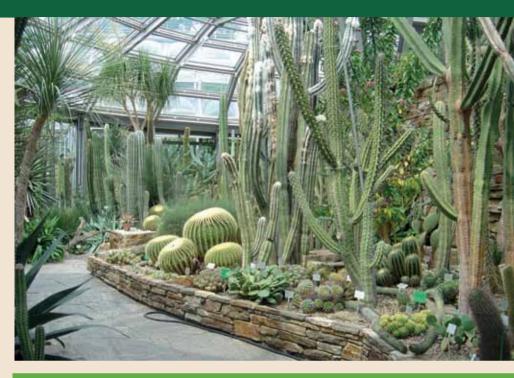
En la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, en los estados de Puebla y Oaxaca, está el desierto más sureño de México. Ahí se encuentra Zapotitlán de las Salinas, un lugar que posee un paisaje único dominado por cactáceas columnares, como los llamados viejitos (Cephalocereus hoppenstedtii) y los tetechos (Neobuxbaumia tetetzo), que llegan a medir hasta 8 metros de altura. Son tantos individuos que forman verdaderos bosques de cactáceas.

Si tienes oportunidad de visitar alguno de estos sitios u otro donde se resguarde la biodiversidad, sigue las indicaciones que te darán los guías, que seguramente incluirán no molestar ni alimentar a los animales y no dañar a las plantas.

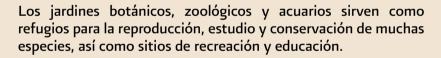


La biodiversidad fuera de su ambiente natural

Si no puedes ir al encuentro de la biodiversidad en su ambiente natural, existen otras opciones para acercarte a ella, algunas más cerca de lo que te imaginas. Los jardines botánicos, zoológicos, acuarios y museos son excelentes ejemplos. Tienen la ventaja de reunir, algunas veces en lugares pequeños, una gran cantidad de organismos de diferentes especies y ecosistemas, e incluso, de exhibir algunas que ya están extintas.



Los jardines botánicos, zoológicos y acuarios



En México existen 37 jardines botánicos agrupados en la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A. C. (AMJB). Muchos de ellos exhiben colecciones de plantas vivas de diversas regiones del país y también albergan colecciones de ejemplares secos en sus herbarios. En algunos incluso puedes participar en los cursos y talleres que ofrecen, como los de propagación de plantas, horticultura y plantas medicinales, por mencionar sólo algunos. Para saber más de los jardines botánicos en México puedes consultar la página electrónica de la AMJB.

De entre los jardines botánicos a los que puedes asistir te recomendamos el Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz, que tiene entre sus colecciones más importantes, la nacional de bambúes y la de cícadas (consideradas, estas últimas, verdaderos fósiles vivientes).

Otra opción es el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, en Ciudad Universitaria, Distrito Federal, que resguarda más de 5 000 especies mexicanas, así como las colecciones nacionales de cactáceas y agaves, entre otras.



Si de zoológicos se trata, en México tenemos cerca de 90; algunos albergan colecciones tanto de animales mexicanos como de otros países, (por ejemplo el de Chapultepec, en la Ciudad de México, el más grande de Latinoamérica y uno de los más visitados del mundo; y el de Guadalajara, en Jalisco), mientras que otros sólo exhiben la fauna de ciertas regiones (como el Miguel Álvarez del Toro, ZOOMAT, en Chiapas, que exhibe y resguarda exclusivamente fauna chiapaneca en un ambiente selvático).

Si prefieres a los animales acuáticos, los sitios ideales para visitar son los acuarios. Algunas recomendaciones son el de Mazatlán, que tiene alrededor de 200 especies marinas y 100 de agua dulce y el de Veracruz, con exhibiciones de especies de agua dulce y de arrecifes de coral. En Mazunte, Oaxaca puedes visitar el Museo Vivo de la Tortuga Marina, que tiene un acuario con tortugas marinas, dulceacuícolas y terrestres, además de flora y fauna relacionadas con ellas.

Los museos

Hay también algunos museos dedicados a la historia natural o con salas y exhibiciones orientadas a la biodiversidad. En ellos, además de colecciones de plantas y animales, puedes obtener información respecto a sus hábitos o los lugares donde viven. Aquí te presentamos tan sólo algunos ejemplos; quizá cerca de tu comunidad haya otros también fascinantes. Así que si tienes oportunidad, visítalos. Estamos seguros que no te arrepentirás.

En Saltillo, Coahuila tenemos el Museo de las Aves de México, que cuenta con aproximadamente 2 500 ejemplares disecados, lo que lo convierte en el museo más grande del mundo dedicado exclusivamente a las aves. En ese estado está también el Museo del Desierto, que se dedica a la exhibición y conservación de especies del desierto chihuahuense, además de que tiene una excelente colección de fósiles de dinosaurios que habitaron esa región. En el Distrito Federal está el Museo de Historia Natural y Cultura Ambiental. Desde su inicio ha contado con exposiciones permanentes y temporales relacionadas con la vida en el planeta. Otra extraordinaria opción para conocer la biodiversidad marina y del desierto es el Museo del Caracol en Ensenada, Baja California, que además tiene un acuario que exhibe algunas de las principales especies marinas de la región.



La biodiversidad del pasado

Al hablar de biodiversidad, no debemos olvidar a los organismos extintos que dejaron su rastro en el registro fósil a través de huesos, conchas e impresiones. Los fósiles ayudan a los paleontólogos y biólogos a describir cómo era la biodiversidad y el clima de hace millones de años. México, además de la enorme biodiversidad viva que posee, también es rico en yacimientos fosilíferos. A continuación describimos algunos de los yacimientos más importantes; algunos otros los puedes ubicar en el mapa de la página siguiente.

San Juan Raya, Puebla. Esta zona formó parte del litoral marino durante el periodo Cretácico, hace unos 145 millones de años. Posee uno de los depósitos más importantes de fósiles marinos de este periodo, en el que pueden verse amonites, caracoles, corales y muchas otras especies acuáticas, además de huellas de dinosaurios como iguanodontes y alosaurios.

Cantera de Tlayúa, Puebla. En este lugar se han encontrado numerosas especies fósiles de organismos marinos y terrestres que vivieron en el periodo Cretácico como algas, peces, estrellas de mar, plantas y reptiles. También huellas de mamíferos (como felinos, camellos y ciervos) e incluso, aves (por ejemplo, flamencos). Es uno de los yacimientos más importantes del mundo por la diversidad y el excelente estado de preservación de sus fósiles.

San Miguel Tocuila, estado de México. Aquí se encuentra el mayor yacimiento de huesos de mamut en nuestro país. Podrás ver ejemplares que vivieron en el Pleistoceno (hace unos 1.8 millones de años), además de una gran cantidad de restos de otros mamíferos, aves, tortugas, moluscos y peces.

Museo de Geología de la UNAM, Distrito Federal. Alberga una de las colecciones paleontológicas más completas e importantes del país. Contiene gran cantidad de fósiles de organismos marinos (entre ellos un ictiosaurio y muchos moluscos), además de un dinosaurio pico de pato. Entre los organismos terrestres, uno de los principales ejemplares es un dinoterio, parecido al elefante pero de cinco metros de alto.

Los fósiles son restos o huellas de organismos del pasado prehistórico preservados de manera natural. Pueden existir en forma de huesos, conchas y otros restos petrificados, como impresiones en carbón, atrapados en resinas (como los insectos dentro del ámbar) o impresiones en otros sustratos (como las huellas o las marcas de hojas, tallos, flores, frutos o semillas).

DINOSAURIOS

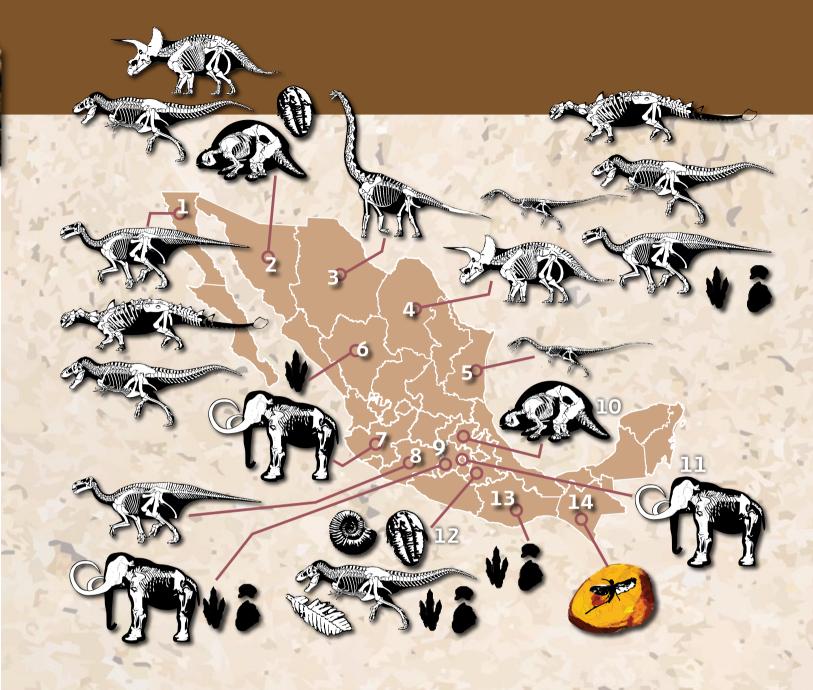












Algunas localidades con yacimientos

- 1. Baja California (El Rosario y Punta San Isidro)

- Sonora (Térapa y Río Mayo)
 Chihuahua (Cuauhtémoc y Jiménez)
 Coahuila (Porvenir Jalpa y Cuenca de Parras)
- 5. Tamaulipas (Cañón del Huizachal) 6. Durango (San Juan de Guadalupe) 7. Jalisco (El Salto)

- 8. Michoacán (El Aguaje y Barranca Los Bonetes)
 9. México (Santa Isabel de Iztapan y Tocuila)
 10. Hidalgo (San Agustín Tlaxiaca y Pachuca)
 11. D.F. (Benito Juárez y Gustavo A. Madero)
 12. Puebla (San Felipe Otlaltepec, San Juan Raya y Tlayúa)
- 13. Oaxaca (Xochixtlapilco)
 14. Chiapas (Ocozocuautla y Villaflores)

MAMÍFEROS







OTROS









Trilobites



Los investigadores y aficionados a la naturaleza realizan observaciones minuciosas de la vida silvestre que les ayudan a apreciarla y entenderla mejor. ¿Te gustaría ser uno de ellos?

Si quieres observar y escuchar la naturaleza, no importa que vivas en el medio rural o urbano. En ambos ambientes hay biodiversidad, sólo es cuestión de poner atención para descubrirla.

A continuación te proponemos algunas estrategias que te ayudarán a observar la biodiversidad, ya sea en ambientes naturales o en jardines botánicos, zoológicos y acuarios.

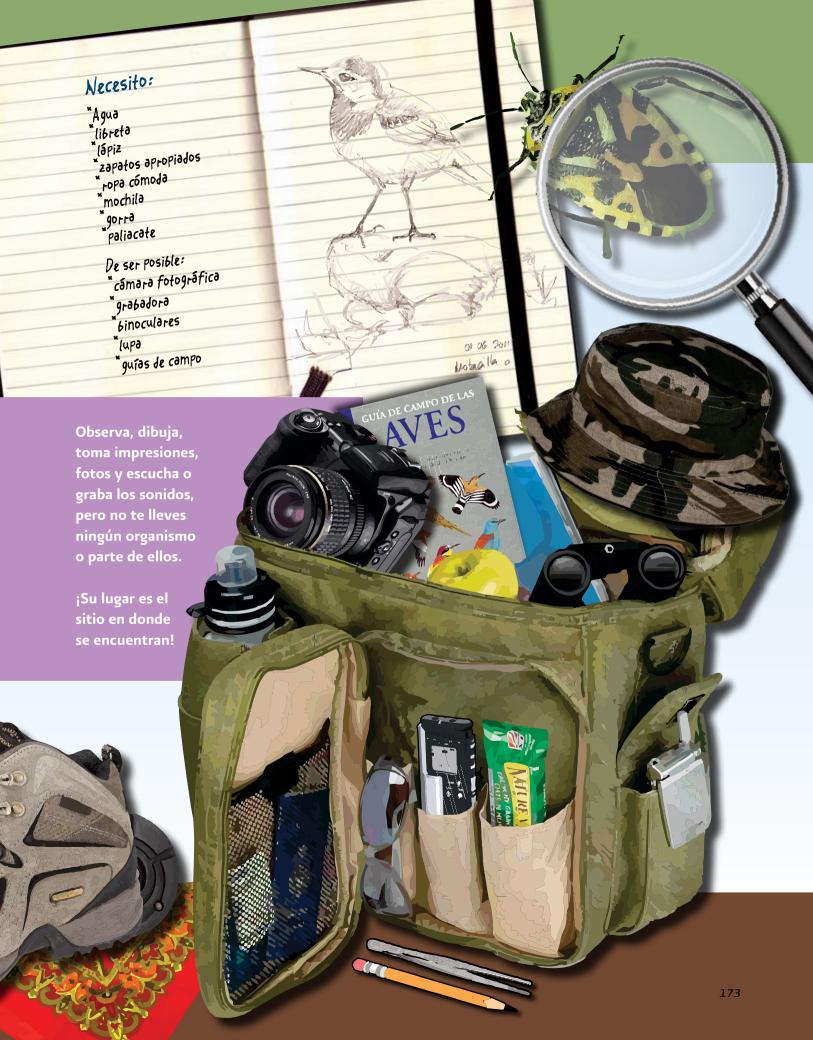
Kit para un naturalista

Lo primero que necesitas son muchas ganas de observar y escuchar el mundo que te rodea. Cuando salgas a observar la biodiversidad busca con anterioridad información del lugar que visitarás. En las bibliotecas o en Internet puedes encontrar, para algunos lugares, guías ilustradas de aves, mamíferos, reptiles o plantas que te ayudarán a identificarlos a través de dibujos, fotos e información general sobre sus características. De esta manera podrás conocer para algunas de las plantas y animales que ves, su nombre común y científico, además de algún otro detalle adicional respecto a su comportamiento, alimentación y hábitat. Verás que te será más fácil descubrir a los organismos si conoces de antemano qué especies puedes encontrar, así como sus hábitos.

Te ayudará también un kit de observación, en el que podrías incluir, además de una libreta y un lápiz para hacer anotaciones y dibujos de lo que llame tu atención, tu equipo de supervivencia (agua, zapatos apropiados, ropa cómoda y una gorra para protegerte del sol). Si puedes incluye también equipo fotográfico y binoculares.

Eso sí, no olvides escribir la fecha en la que hiciste tus observaciones y, si te es posible, describe el ambiente y el estado del tiempo del momento en el que estás observando. Todos esos datos te serán útiles para futuros registros y, por qué no, para hacer interesantes descubrimientos.

Recuerda que la observación aguda y cuidadosa ha sido el ingrediente común que los naturalistas usaron en el pasado para hacer sus grandes descubrimientos.



Para observar la biodiversidad...

DESCUBRIENDO PISTAS...

Existe la posibilidad de que no puedas ver al organismo que buscabas, ya sea porque es migratorio, sale de noche o simplemente se alejó o escondió al escuchar ruidos. Si esto sucede, no te desanimes, es probable que haya dejado algún rastro: busca con atención heces, huellas o cualquier otra señal de su presencia: plumas, huesos, madrigueras, telarañas, rasguños en los troncos, ramas rotas e incluso olores.

Trata de identificar quién fue el causante del rastro que encontraste. Muchas especies dejan huellas particulares que permiten identificarlas. Para ayudarte en esta labor, compara con las huellas que existen en algunos manuales y páginas de Internet. Por lo pronto, en la Figura de la derecha te mostramos algunos ejemplos de lo que puedes hallar en distintos ecosistemas. Si encuentras una de ellas u otra diferente que quieras conservar, puedes hacer un molde de yeso siguiendo las instrucciones que aparecen en la Figura



de abajo. Si no te es posible tomar la impresión, puedes dibujarla o fotografiarla. También puedes encontrar en el suelo partes de plantas, como alguna flor, hoja o fruto; si levantas la vista quizá descubras su origen. Al realizar tus observaciones evita hacer movimientos bruscos y habla en voz baja para que no ahuyentes a los animales a tu alrededor.

Hay otras evidencias que no puedes ver, pero sí escuchar, tanto en los ambientes naturales como en las ciudades. Los sonidos también son pistas para encontrar animales. Por ejemplo, cada especie de ave tiene un canto particular que le ayuda a buscar pareja, reconocer a sus polluelos, espantar a sus enemigos o comunicarse con otros individuos de su especie. Si en tu *kit* de naturalista tienes una grabadora, puedes registrar los sonidos y escucharlos las veces que quieras e ir formando tu banco de sonidos. Las aves no son las únicas que puedes escuchar, otros animales como ranas, insectos, mamíferos y reptiles también se comunican con sonidos. Si tienes curiosidad por escuchar los que producen diferentes animales, puedes consultar algunos bancos de sonidos que hay en Internet.



¿Qué hacer para conservar la biodiversidad en el lugar donde vives?

Todos los habitantes del planeta debemos asumir una parte de la responsabilidad que representa la conservación de la biodiversidad. No importa si el lugar en que vivimos es una zona urbana o rural, siempre habrá acciones y conductas que pueden ayudar a disminuir nuestro impacto en el ambiente y en su biodiversidad. A continuación te damos algunos consejos.



Apagar las luces que no estés utilizando también es muy importante. Así no interferiremos con la actividad de los animales nocturnos, como las lechuzas, búhos y murciélagos, que dependen de la oscuridad para conseguir su alimento, además de que ahorramos energía y disminuimos la emisión de gases de efecto invernadero causados por su generación.

Si te gustan las plantas puedes crear un jardín o una azotea verde sembrando directamente las plantas sobre el piso (previa impermeabilización y preparación del espacio) o colocándolas en macetas. Otra forma es a través de los jardines verticales, que pueden construirse empleando macetas o permitiendo que las plantas crezcan sobre una estructura adherida a la pared. Algunos beneficios que obtendrás para tu casa son la regulación de la temperatura y la humedad, la disminución del ruido, una vista agradable y un espacio de recreación. Además puedes fomentar la llegada de polinizadores (como aves e insectos) y ayudarás a la captura del bióxido de carbono, principal gas relacionado con el cambio climático global.



Otra opción es la creación de huertos familiares que son áreas verdes alrededor de las viviendas, en los cuales se promueve el crecimiento de hortalizas, árboles y arbustos para diferentes usos (por ejemplo: ornamentales, comestibles, medicinales y para leña).

Si cerca de tu casa hay animales que pueden resultarte molestos o incluso peligrosos, no tienes que matarlos para sentirte cómodo y seguro. Si vives en las áreas rurales podrías intentar regresarlos a sus hábitats sin lastimarlos o ponerte en riesgo. En el caso de la fauna nociva (como cucarachas, mosquitos o ratas) no es recomendable como primer opción el uso de insecticidas o venenos, ya que no sólo los eliminarás a ellos, sino también a muchos otros organismos (como abejas, mariposas y vertebrados) que pueden ser benéficos para ti y los ecosistemas. Recuerda que muchos de los visitantes frecuentes de tu jardín o del árbol que está cerca de tu casa podrían ser polinizadores o controlar alguna plaga.

Para controlar parásitos en plantas puedes usar las que son aromáticas. El cempasúchil (Tagetes erecta), por ejemplo, controla los nemátodos del suelo y aleja los insectos que atacan los tomates. Las flores de lavanda (Lavanda angustifolia) se utilizan como hormiguicida y el romero (Rosmarinus officinalis) como repelente de insectos. No abandones a tus mascotas pues pueden convertirse en especies invasoras y ocasionar daños severos a la fauna local.

Comederos, bebederos y cajas-nido para aves



Comederos y bebederos

Para colibríes, lava muy bien un frasco pequeño de vidrio, luego perfora un agujero en su tapa, procurando que no le queden bordes filosos. Pégale una flor hecha de plástico resistente o mica, de modo que su centro quede en el agujero de la tapa. Llena el frasco con néctar hecho con media taza de azúcar disuelta en 2 tazas de agua hervida. Coloca el frasco suspendido de algún árbol, arbusto, o ventana, en un lugar sombreado, pero no escondido. Cambia el néctar cada semana para que no se fermente y enferme a los colibríes.

Para elaborar un comedero de semillas llena una red de plástico (como las que se usan para guardar las canicas) con diversas semillas (de girasol, cacahuates o nueces) o platos con trozos de fruta (manzana, ciruelas o naranjas), que también atraerán a las mariposas. Colócalos en un lugar sombreado y alejados de gatos y roedores. Revísalos constantemente para reabastecerlos.

Cajas-nido

Puedes comprarlas o elaborarlas tú mismo con madera u otros materiales. Te recomendamos colocarlas en lugares sombreados y protegidos. Existe información específica sobre los diseños y características necesarias para cada especie de ave en guías especializadas o en Internet.



Biodiversidad en las ciudades

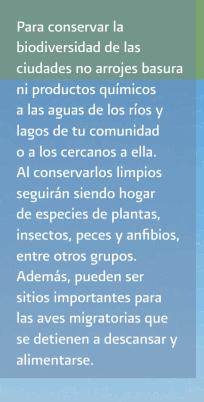
hábitats permanentes para diversas especies o sitios de descanso y alimentación para

otras en sus rutas migratorias

Es común que la biodiversidad de las ciudades pase desapercibida para muchos de sus habitantes. Sin embargo, éstas son espacios sorprendentes, ya que dan albergue a muchas especies de diversos grupos biológicos. Si observas con detenimiento, las ciudades son en realidad una mezcla de ambientes naturales y artificiales, pueden existir fragmentos de ecosistemas naturales (como bosques o ríos), fragmentos seminaturales (como los campos de cultivo o los parques) y artificiales como todas las construcciones que forman nuestra infraestructura habitacional, industrial o de transporte. El nivel de urbanización influye de manera determinante en la biodiversidad que alberga una ciudad. Los fragmentos verdes citadinos son



En el bosque de Chapultepec, Distrito Federal (el parque urbano más grande de Latinoamérica), habitan más de 100 especies de aves y algunos mamíferos como cacomixtles, tlacuaches y ardillas. En el llamado Lago Mayor, sobreviven algunas especies endémicas del centro de México, como el charal (Chirostoma jordani), el mexcalpique (Girardinichthys viviparus) y el ajolote mexicano (Ambystoma mexicanum), entre otras.





Los murciélagos pueden habitar en construcciones abandonadas o en ciertos rincones de edificios o puentes donde encuentran condiciones propicias para vivir. Estos mamíferos conviven pacíficamente con los habitantes de las ciudades. Por ejemplo, en Austin, Texas, Estados Unidos, hay una colonia de alrededor de 1.5 millones de murciélagos que vive debajo de un puente. ¡Se calcula que cazan entre 10 y 15 toneladas de insectos cada noche!, lo cual beneficia a los agricultores que viven cerca de la ciudad al controlar las plagas de sus cultivos.

En una zona poco urbanizada es posible encontrar un número importante de vertebrados e invertebrados, pero conforme aumenta el concreto, la presencia de animales disminuye a tal grado que los vertebrados silvestres tienden a desaparecer y se incrementan las especies exóticas.

Biodiversidad en los campos de cultivo



¿Cómo estar alerta cuando compres plantas y animales?

Si te gustan las mascotas o las plantas para tu casa, es fundamental que tengas cuidado al elegirlas y seas responsable al mantenerlas y cuidarlas. Hay gran cantidad de opciones, pero prefiere las que provengan de criaderos o invernaderos autorizados para su reproducción y no las que hayan sido extraídas de su ambiente natural. Junto con el animal que compres, deben entregarte un documento que avale su origen legal, y en el caso de las plantas podrás verificarlo en su etiqueta. De esta manera no contribuirásal tráfico ilegal de la vida silvestre.

"Al adquirir ejemplares, partes o derivados de la vida silvestre, los particulares deberán exigir la documentación que ampare la legal procedencia de los mismos al momento de adquirirlos y conservarla durante su posesión." (Artículo 53 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre).

Al comprar un ejemplar, exige los documentos que avalen su adquisición legal. Los ejemplares reproducidos en territorio nacional, por ejemplo en una Uma, deben contar con la autorización de aprovechamiento expedida por la Semarnat, cuyo número debe constar en la factura.

También es importante que verifiques:

Datos del vendedor:

- Cédula de Identificación Fiscal.
- Número de Registro de la comercializadora otorgado por la Semarnat.

Datos del ejemplar:

- Nombre común y científico.
- Número o marca asignado al ejemplar: anillo, muesca, tatuaje, microchip, grapa, etc. Si no tiene, se debe especificar: "sin marcaje".



Si tienes algún ejemplar de vida silvestre y ya no puedes conservarlo, acércate a los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) de la Dirección General de Vida Silvestre de la Semarnat, donde podrán orientarte sobre qué hacer con él. Estos centros reciben, rehabilitan, protegen, recuperan y reintroducen ejemplares producto de rescate, entregas voluntarias o aseguramientos por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) o la Procuraduría General de la República (PGR).

Conoce a los incomprendidos

Una de las razones por la que se ha dañado a algunas de las especies silvestres es el desconocimiento de cómo se comportan en la naturaleza y de cuál es su función. En algunos casos se han creado mitos e historias fantásticas que han contribuido a que la gente tenga una mala imagen de ellas y no le preocupe, o incluso fomente, su desaparición. Esto sólo es una muestra de los mitos alrededor de algunas especies de animales.

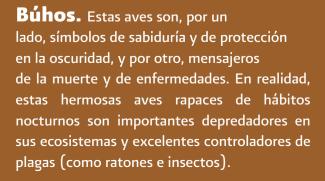


Murciélagos. En torno a ellos se ha creado el mito de que todas las especies se alimentan de sangre. Sin embargo, sólo tres de las más de 1 000 especies conocidas en el mundo, son hematófagas y habitan en nuestro país. El resto come frutos, semillas, polen, néctar y pequeños animales, lo cual nos resulta útil pues ayudan a controlar las plagas de los cultivos, polinizan las flores y dispersan las semillas.



Serpientes. Estos reptiles han sido nuestras víctimas desde la antigüedad por su asociación con la maldad y por la creencia de que todas son peligrosas. No obstante, al menos en México, menos de la sexta parte de las 363 especies que tenemos, son venenosas. En realidad, cuando llegan a atacar al humano se debe a un mecanismo de defensa que activan al sentirse agredidas o inseguras. Otro mito popular en nuestro país es que roban la leche a los lactantes, lo cual es falso, ya que su alimentación se basa en pequeños mamíferos (como ratas y ratones), anfibios, aves e insectos, algunos de los cuales podrían ser plagas.







Lobo.

También se le ha asociado con poderes sobrenaturales y malignos.
Además, bajo la idea de que ataca tanto a humanos como al ganado y que transmite la rabia, fue exterminado o estuvo a punto de serlo de muchas regiones en el mundo durante el siglo pasado. Contrariamente, este mamífero ayuda significativamente a la salud de los ecosistemas, controlando a las poblaciones de herbívoros que podrían consumir de manera desmedida las plantas y sus rebrotes.

¿Cómo conservar la biodiversidad en su ambiente natural?

Si visitas algún ecosistema natural, hay diversas actividades que pueden contribuir a tu diversión y a tu acercamiento con la naturaleza. Puedes simplemente salir a observarla y curiosear llevando tu "kit" de naturalista o quizá quieras participar en las caminatas, los paseos en bici o en los grupos de observación de aves que existen en algunos lugares. Pero recuerda, también debes comprometerte a contribuir a la conservación de los sitios que visitas, para lo cual te damos algunas recomendaciones.

En principio, cuando decidas visitar un destino turístico de naturaleza, prefiere aquellos que tengan medidas de protección al ambiente y actividades ecoturísticas reguladas. Para ello, consulta la información disponible en las oficinas de turismo o en Internet.



Si buceas en zonas de corales, evita acercarte mucho a ellos, pues las aletas o el simple contacto pueden causarles un grave daño. Cuando nades en el mar, ríos, lagos o lagunas, procura entrar al agua sin bloqueador, crema o cualquier producto químico, o prefiere aquellos etiquetados como amigables con el ambiente. Las sustancias químicas son tóxicas para los organismos que viven en ellos. También es importante, en cualquier ambiente, evitar en lo posible el uso de repelentes de moscos e insecticidas químicos.



No liberes
animales ni dejes semillas
o plantas que lleves contigo.
Una especie ajena al sitio
puede convertirse
en invasora.



Acciones que podría pensarse que no son útiles a la biodiversidad

Además de las acciones que te hemos presentado en las páginas previas, hay algunas otras que, aunque no parezcan, ayudan de manera indirecta a la protección de las especies o de sus hábitats. ¿Alguna vez has pensado que el tipo y la cantidad de productos que compramos puede influir en el deterioro del ambiente y de la biodiversidad? En efecto, para la fabricación de muchos de los productos que utilizamos se emplea una cantidad importante de recursos naturales que se extraen de los ecosistemas (agua, madera, petróleo, pieles, etc), lo cual además de afectar a los hábitats y a sus especies, generan volúmenes significativos de desechos y contaminantes (sólidos, líquidos o gaseosos) en su extracción, procesamiento, empacado y transporte. Todo ello tiene, a fin de cuentas, un impacto negativo directo sobre los ecosistemas y su biodiversidad. Para echarle una manita al ambiente y disminuir nuestra huella en él, te proponemos algunas ideas.

Compra
preferentemente
productos elaborados en la
región donde vives y los de
temporada. De esta manera
se habrá invertido menos
combustible en su transporte
y por ello se habrán emitido
menos contaminantes a la
atmósfera.

Si te es posible consume productos orgánicos, ya que minimizan el uso de energía y de sustancias de origen sintético que pueden contaminar las aguas, los suelos y dañar a muchas especies.

Procura que los productos que compras contengan la menor cantidad de envolturas, plásticos, unicel y otros empaques no biodegradables. Esto reducirá tanto el consumo de materiales derivados del petróleo como los volúmenes de residuos que llegan a los tiraderos.

Si consumes
atún o sardinas
enlatados, busca
que el empaque tenga una
leyenda que indique que fueron
pescados responsablemente.
Con esto contribuyes a que
los delfines no mueran
en las redes de
los barcos.

Prefiere el transporte
público colectivo sobre el uso
del automóvil. Siempre que exista la opción,
muévete en bicicleta con esto ayudarás a
reducir las emisiones de gases de efecto
invernadero que producen el cambio
climático y afectan a la
biodiversidad.

Cuando desees comprar algo nuevo, piensa y valora si realmente lo necesitas; algunos artículos pueden obtenerse usados sin que esto afecte su funcionalidad; antes de comprar considera la posibilidad de su reutilización, arreglo o reciclaje. Puedes contribuir separando tus residuos en orgánicos e inorgánicos y, éstos últimos en vidrio, papel y plástico.



Con estas simples acciones podrás contribuir sustancialmente a reducir tu impacto en el medio ambiente. Debemos decirte que existen muchas más; si estás interesado hay diversas publicaciones en bibliotecas y librerías donde podrás encontrar una larga lista. Te invitamos a que las busques, las lleves a cabo, y por qué no, a que las compartas con familiares y amigos y se sumen a la corriente del consumo responsable.

Si necesitas utilizar fertilizantes para el cuidado de tus plantas, prefiere los de origen orgánico; así evitarás la contaminación del suelo y el agua. Puedes fabricar el abono orgánico a través de la composta. Además de que ahorrarás dinero, la composta tiene la ventaja de que ayuda a disminuir la cantidad de residuos orgánicos que llegan a los tiraderos de basura.

Para preparar composta necesitas:

Hojarasca

Desechos orgánicos

Tierra y hojarasca

Lombrices

Abono orgánico



La suma de acciones individuales sí puede cambiar y mejorar el futuro de la biodiversidad.

Bibliografía

¿Qué es la biodiversidad?

¿Qué es y cómo se estudia la biodiversidad?

RECUADRO CENTROS DE ORIGEN

Conabio. Biodiversidad mexicana. Centros de origen y diversificación. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/index.html Fecha de consulta: julio de 2011. FIGURA a.

Conabio. Capital Natural de México. México. 2009. TABLA.

FAO. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Roma. 2010. FIGURA b.

Harlan, J. Agricultural origins: centers and non centers. Science 174: 468-474. 1971.

Perales, H.R. y J.R. Aguirre. Biodiversidad humanizada. *En Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. México. 2009. TABLA.

¿Cuánta biodiversidad tenemos y dónde se encuentra?

May, R. How many species are there on earth? Science 241: 1441-1449. 1988.

May, R. y R.J.H. Beverton. How many species? *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 330: 293-304. 1990.

Varios autores. En: Conabio. Conocimiento actual de la biodiversidad. Estado del conocimiento de la biota. Capital Natural de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA 4.

RECUADRO ¡SE BUSCAN!

Australian Government. Numbers of living species in Australia and the world. Australia. 2009. FIGURA.

Dasi, I. y A. Haas. New species of *Microhyla* from Sarawak: Old world's smallest frogs crawl out of miniature pitcher plants on Borneo (Amphibia: Anura: Microhylidae). *Zootaxa* 2571: 37–52. 2010.

Defler, R.T., M.L. Bueno y J. García. *Callicebus caquetensis*: A new and critically endangered titi monkey from Southern Caquetá, Colombia. *Primate Conservation* 25: 1-9. 2010.

Welton J.L., D.S. Cameron, D. Siler, D. Bennett, A. Diesmos, M.R. Duya, R. Dugay, E.L.B. Rico, M.V. Weerd y R.M. Brown. A spectacular new Philippine monitor lizard reveals a hidden biogeographic boundary and novel flagship species for conservation. *Biology Letters* 5: 654-658, 2010.

¿Dónde se encuentran todas las especies?

Bouchet, P. La magnitud de la biodiversidad marina. En: IMEDEA. *La exploración de la biodiversidad marina*. *Desafíos científicos y tecnológicos*. Duarte, C.M. (Ed.). España. 2006.

Gaston, K.J. Global patterns in biodiversity. Nature 405: 220-227. 2000.

Lewinsohn, T.M. y P.I. Prado. Sintese do estado do conhecimento da diversidade brasileira. Ministerio del Medio Ambiente. Brasilia. 2005. FIGURA 6.

Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: Synthesis.* MEA. Island Press. Washington D.C. 2005. FIGURAS 5, 7, 8 Y 9.

PNUMA, OTCA y CIUP. Perspectivas del medio ambiente en la Amazonía: GEO Amazonía. República de Kenia. 2009.

PNUMA. ¿Así que creen que lo conocemos todo? TUNZA, la revista del PNUMA para los jóvenes 3: 12. 2010.

PNUMA. Ni siquiera sabemos qué es lo que no conocemos. TUNZA, la revista del PNUMA para los jóvenes 3: 4-5. 2006.

Los países megadiversos

Conabio. Biodiversidad mexicana. ¿Qué es un país megadiverso? Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/index.html Fecha de consulta: julio de 2011. FIGURA 10.

Sarukhán, J. et al. Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA 11.

México, país con una biodiversidad excepcional

RECUADRO ¿QUÉ HACE A MÉXICO UN PAÍS MEGADIVERSO?

Conabio. Biodiversidad mexicana. Regiones biogeográficas. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/index.html Fecha de consulta: julio de 2011.

Semarnat. Atlas Geográfico del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición 2010. México. 2010.

La diversidad genética en México

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

RECUADRO DE MÉXICO PARA EL MUNDO: EL MAÍZ

Conabio. Biodiversidad mexicana. Maíz. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/index.html Fecha de consulta: julio de 2011.

Granados, S., G.F. López, y M.A. Hernández-García. Recursos genéticos, biotecnología y propiedad intelectual. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15: 127-140. 2009.

Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos y R.A. Bye. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. UNAM, Conabio. México. 2009.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

USDA. World Corn Production Consumption and Stocks. Foreign Agricultural Service. Disponible en: www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx Fecha de consulta: enero de 2011. FIGURA.

¿Cuántas especies hay en México?

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA 12.

Conabio. México. 2009. FIGURA 13.

Las especies endémicas

Conabio. México. 2009. FIGURA 16.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA 15 Y 16.

Vignoli, V. y L. Prendini. Systematic revision of the troglomorphic North American scorpion family Typhlochactidae (Scorpiones, Chactoidea). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 326: 85-89. 2009.

Nuestra riqueza de ecosistemas

Cruz, L.L., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo y N. Ramírez. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 1: 63-81. 2004.

INEGI. Carta de uso del suelo y vegetación, Serie IV. Escala 1: 250 000. México. 2011. FIGURA 17.

Lara-Lara, J.R. et al. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En: Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Toledo, T. El bosque de niebla. Conabio. Biodiversitas 83: 1-6. 2009.

¿Por qué es importante la biodiversidad?

AEMA. Señales de la AEMA 2010. La biodiversidad, el cambio climático y tú. Copenhague. 2010.

Balvanera, P., H. Cotler et al. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: Conabio. Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México. 2009. FIGURA 20.

Bezaury-Creel J.E. El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos. The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 2009.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260. 1997. FIGURA 22.

Haro M., A. y C. Taddei. Valoración ambiental: aportaciones, alcances y limitaciones. Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía 41: 1-23. 2010.

INE. Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología. México. 2005.

IUCN-The Nature Conservancy-The World Bank. How much is an ecosystem worth? Assessing the economic value of conservation. USA. 2004. FIGURA 20.

Kentucky Geological Survey. *Time Clocks*. University of Kentucky. <u>Disponible en: www.uky.edu</u> Fecha de consulta: agosto de 2011. FIGURA 20.

Millenium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* MEA. Island Press. Washington D.C. 2005.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales, World Wildlife Fund, Conservación Internacional y The Nature Conservancy. Reconocimiento de los Servicios Ambientales: Una Oportunidad para la Gestión de los Recursos Naturales en Colombia. Sergio Camilo Ortega, P. (Ed.). Bogotá, Colombia. 2008.

Ribera, I. y A. Melic. ¿Cuánto vale un mosquito? Un acercamiento economicista al papel de los artrópodos en el funcionamiento de los ecosistemas. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 20: 15-24. 1997.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3*. Montreal, Canadá. 2010.

Skinner, J. Tsunamis: sus efectos. Daños causados en el medio natural. *Ambienta* 48: 30-35. 2005.

TEEB. La economía de los ecosistemas y la biodiversidad. TEEB para los responsables de la elaboración de políticas nacionales e internacionales. Resumen: responder al valor de la naturaleza. PNUMA. 2009. Disponible en: www.teebweb.org

TEEB. La economía de los ecosistemas y la diversidad: incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza. Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB. PNUMA. Malta. 2010. Disponible en: www.teebweb.

TEEB. The Economics of ecosystems and biodiversity: The ecological and economic foundations. PNUMA. Germany. 2008. Disponible en: www.teebweb.org

UNEP, GRID-Arendal. Dead planet, living planet. Biodiversity and ecosystem restoration for sustainable development. A rapid response assessment. Nellemann, C. y E. Corcoran (Eds.). Kenya. 2010. FIGURA 22.

RECUADRO IMPORTANCIA DE LOS MANGLARES

Calderón, C., O. Aburto y E. Ezcurra. El valor de los manglares. *Conabio. Biodiversitas* 82: 1-6. México. 2009.

Campos R.M.L. Los desastres naturales y el riesgo de tsunamis: El Tsunami de Indonesia del 26 de diciembre de 2004. *Investigaciones Geográficas* 39: 133-153. 2006.

Conabio. Manglares de México: extensión y distribución. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA a.

De Groot, R.S., M.A.M. Stuip, C.M. Finlayson, C.M. y N. Davidson. Valoración de humedales: Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales. Informe Técnico de Ramsar No. 3. Serie técnica CDB No. 27. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza) y Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal. Canadá. 2007.

FAO. The world's mangroves 1980-2005. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. FAO Forestry Paper 153. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italy. 2007.

¿Qué amenaza a la biodiversidad?

Nuestra huella en el mundo

Benjamin S.H., S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C.D'Agrosa, J.F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heinemann, H.S. Lenihan, E.M.P. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck y R. Watson. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 31: 9948-952. 2008. FIGURA 24.

Imhoff, M.L., L. Bounoua, T. Ricketts, C. Loucks, R. Harriss y W.T. Lawrence. Global patterns in human consumption of net primary production. *Nature* 429: 870-873. 2004.

Pauly, D. y V. Christensen. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257. 1994.

Sanderson, E.W., J. Malanding, M.A. Levy, K.H. Redford, A.V. Wannebo y G. Woolmer. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52: 89 1-904. 2002. FIGURA 24.

UN. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. World Population Prospects: The 2010 Revision. http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm Fecha de consulta: junio de 2011.

UNEP-GRID Arendal. Dead planet, living planet. Biodiversity and ecosystem restoration for sustainable development. A rapid response assessment. Nellemann, C. y E. Corcoran (Eds.). UNEP, GRID-Arendal. Kenya. 2010. FIGURA 26

Pérdida y fragmentación de hábitats

Arroyo-Rodríguez, V., S. Mandujano, J. Benítez-Malvido. Diversidad y estructura de la vegetación en fragmentos de selva de Los Tuxtlas. En: *Biodiversidad del Estado de Veracruz*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2010. Disponible en: www.oikos.unam.mx/paisajes/PDFs/4.1.7 Estructura tuxtlas.pdf

Buckland, H. The oil for ape scandal. How palm oil is threatening orangutan survival. Friends of the Earth, The Ape Alliance, The Borneo Orangutan Survival Foundation, The Orangutan Foundation, The Sumatran Orangutan Society. London. 2005.

Estrada, A. y R. Coates-Estrada. Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International Journal of Primatology* 17: 759-783. 1996.

FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2010. FIGURA 27

PNUMA-OTCA. Perspectivas del medio ambiente en la Amazonía. GEOAMAZONIA. Kenia. 2009.

World Rainforest Movement. Palma aceitera y soja: dos cultivos comerciales paradigmáticos de la deforestación. Boletín del WRM No. 85. 2004. Disponible en: www.wrm.org.uy/boletin/85/general.html#palma Fecha de consulta: julio de 2011.

Xie P., J. Wu, J. Huang y X. Han. Three-Gorges dam: risk to ancient fish. Science, New Series 5648: 1149-1551. 2003.

Sobreexplotación de especies

Pesca

Archer, F., T. Gerrodette y A. Jackson. Preliminary estimates of the annual number of sets, number of dolphins chased, and number of dolphins captured by stock in the tuna pursefishery in the eastern tropical pacific, 1971-2000. Administrative Report LJ-02-10. Southwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, NOAA. 2002.

Cisneros-Mata, M.A., G. Montemayor-López y M.J. Roman-Rodríguez. Life history and conservation of *Totoaba macdonaldi*. Conservation Biology 9: 806-814. 1995. FIGURA 30.

Davies, R.W.D., S.J. Cripps, A. Nickson y G. Porter. Defining and estimating global marine fisheries bycatch. *Marine Policy* 33: 661-672. 2009.

FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 2010.

López Martínez, J., S. Vázquez Hernández, C. Rábago Quiroz, E. Herrera Valdivia y R. Morales Azpeitia. Efectos ecológicos de la pesca de arrastre de camarón en el golfo de California. Estado del arte del desarrollo tecnológico de las artes de pesca. En: Situación del Sector Pesquero en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados. LX Legislatura. México. 2007.

UNDP-UNEP-WB-WRI. World resources 2000-2001: People ecosystems: The fraying web of life. World Resources Institute. Washinton D.C. 2000

Schorr, D.K. Healthy fisheries, sustainable trade. Crafting new rules on fishing subsidies in the world trade organization. World Wildlife Fund. 2004.

RECUADRO SOBRE PESCA DE TIBURÓN MARTILLO

Myers, R.A., J.K. Baum, T.D. Shepherd, S.P. Powers y C.H. Peterson. Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science* 315: 1846-1850. 2007.

Caza

Conabio. Fichas de especies prioritarias. Lobo mexicano (Canis Iupus). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 2009.

DOF. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México. 2010.

FAO-CIC. Best practices in sustainable hunting. A guide to best practices from around the world. CIC-Technical Series Publication No. 1. Rome. 2008.

Nasi, R., D. Brown, D. Wilkie, E. Bennett, C. Tutin, G. van Tol y T. Christophersen. Conservación y utilización de recursos provenientes de la vida silvestre: la crisis de la carne de caza. Serie técnica CDB No. 33. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal y Centro para la Investigación Forestal Internacional. Bogor. 2008.

Pérez, M. E. y J. Ojasti. La utilización de la fauna silvestre en la América tropical y recomendaciones para su manejo sustentable en las sabanas. *Ecotropicos* 9: 71-82. 1996.

Tratado de Cooperación Amazónica. Uso y conservación de la fauna silvestre en la Amazonia. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima, Perú. 1995.

RECUADRO DEFAUNACIÓN: UNA AMENAZA SILENCIOSA

Dirzo, R., E. Mendoza y P. Ortiz. Size related differential seed predation in heavily defaunated neotropical rainforest. *Biotropica* 39:355-362. 2007.

Dirzo, R. y A. Miranda. Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understory: A case study of the possible consequences of contemporary defaunation. En: P. W. Price, T.M. Lewinsohn, G.W. Fernandes y W.W. Benson (Eds). *Plant-Animal interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. Wiley, Nueva York. 1991.

Tráfico llegal de la biodiversidad

Ávila Díaz, I. y K. Oyama. Manejo sustentable de *Laelia speciosa* (Orchidaceae). *Conabio. Biodiversitas* 43: 9-12. 2002.

Cantú Guzmán, J.C., M.E. Sánchez Saldaña, M. Grosselet y S.J. Gámez. *Tráfico ilegal de pericos en México. Una evaluación detallada.* Defenders of Wildlife. Teyeliz. 2007.

Commission for Environmental Cooperation of North American, North American Wildlife Enforcement Group. *Illegal trade in wildlife. A north american perspective.* Montreal. 2005.

Dilys, R.T., S. Mulliken, J. Milledge, Mremi, S. Mosha y M. Grieg-Gran. Making a killing or making a living? Wildlife trade, trade controls and rural livelihoods. *Biodiversity and Livelihoods Issues* No. 6. IIED and TRAFFIC. 2002.

Edroma, E.L. Agreement on cooperative enforcement operations directed at illegal trade in wild flora and fauna. Lusaka LATF/LAGC.9/3.5. Nkumba University. 2008.

Flores-Palacios A. y S. Valencia-Díaz. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 136: 372–387. 2007.

Garshelis, D.L. y R. Steinmetz. *Ursus thibetanus*. En: *IUCN 2011*. *IUCN Red List of Threatened Species*. *Version 2011*.1. Disponible en: www.iucnredlist.org Fecha de consulta: marzo de 2011.

Robbins, C. S. y R. T. Bárcenas-Luna. Comercio espinoso. Comercio y conservación de cactos en el desierto Chihuahuense. TRAFFIC Norteamerica y WWF. USA. 2003.

Shepherd, C. R. y N. Magnus. Nowhere to hide: the trade in Sumatran tiger. TRAFFIC Southeast Asia. 2004.

Sun-Wyler, L. y P. A. Sheikh. International illegal trade in wildlife: threats and U.S. policy. CRS Report Congress. Congressional Research Service. Washington. 2008.

Traffic Norteamérica. Análisis de vacíos y necesidades para el control del comercio de vida silvestre en los países parte del CAFTA-DR. *TRAFFIC Norteamérica*. Washington D.C. World Wildlife Fundation. 2009.

RECUADRO TRÁFICO ILEGAL DE LA FLORA Y FAUNA MEXICANAS: CACTÁCEAS, ORQUÍDEAS Y PERICOS.

Ávila Díaz, I. y K. Oyama. Manejo sustentable de *Laelia speciosa* (Orchidaceae). *Conabio. Biodiversitas* 43: 9-12. 2002.

Cantú Guzmán, J.C., M.E. Sánchez Saldaña, M. Grosselet y S.J. Gámez. *Tráfico ilegal de pericos en México. Una evaluación detallada.* Defenders of Wildlife. Teyeliz. 2007.

Flores-Palacios A. y S. Valencia-Díaz. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 136: 372–387. 2007.

Especies invasoras

Aguilar, V. Especies invasoras: una amenaza para la biodiversidad y el hombre. Conabio. Biodiversitas 60: 7-10. 2005.

Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 2010.

Conabio. 2011. Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: www.conabio. gob.mx/invasoras FIGURA 38

IMTA, The Nature Conservancy, Conabio, Aridamerica, GECI. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. March Mifsut, I.I. y M. Martínez Jiménez (Eds.). Morelos. México. 2007. FIGURA 38

ISSG. Global Invasive Species Database. Disponible en: www.issg.org/database

Mandujano, C.M., M. Mandujano, M. Pérez Sandi, H. Flores Moreno, G. Aguilar Morales y J. Golubov. Las diez plagas de Egipto y la undécima en México. *Ciencias* 88: 50-58. 2007.

Martin, H.C. y M.L. Dale. Potential of Cactoblastics cactorum as a vector for fungi pathogenic to pricklypear, Opuntia inermis. Biological Control 21: 258-263. 2001.

Mendoza Alfaro, R., C. Escalera Gallardo, S. Contreras Balderas, P. Koleff Osorio, C. Ramírez Martínez, P. Álvarez Torres, M. Damián y A. Orbe Mendoza. Invasión de plecos en la presa El Infiernillo, México: análisis de efectos socioeconómicos (relato de dos invasores). En: Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (Channidae) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. Canadá. 2009.

Randall, J. M., I. Granillo, R. Shaw, B. Keitt, y S. Junak. El monitoreo de los impactos de la erradicación de cabras y otras acciones de manejo sobre las plantas y animales de isla Guadalupe. En: Santos del Prado, K. y Peters, K. (Comps.). *Isla Guadalupe*. *Restauración y Conservación*. SEMARNAT, INE, CICESE, GECI, SEMAR. 2005.

Rodríguez-Malagón, M., J.C. Hernández-Montoya, M. Félix-Lizárraga, F. Méndez-Sánchez, R. González-Gómez, F. Torres-García y J.M. Barredo-Barberena. The conservation and restoration of Mexican islands: a programmatic approach and the systematic eradication of invasive mammals. *Aliens: The Invasive Species Bulletin Newsletter of the IUCN/SSC*. Invasive Species Specialist Group No. 30. 2010.

Witte, F., J.H. Wanink, y M. Kishe-Machunu. Species distinction and the biodiversity crisis in Lake Victoria. *Transactions of the American Fisheries Society* 136: 1146–1159. 2007.

Contaminación

Contaminación del agua

Alaska Department of Law. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. 2009 Status report. Alaska. 2010.

Casey, S. Garbage in, garbache out. Conservation Magazine 11: 12-17. 2010.

National Science Foundation. Scientists find 'great Pacific Ocean garbage patch'. ScienceDaily (August 28). 2009. Disponible en: www.sciencedaily.com/releases/2009/08/090827180747.htm

Oregon State University. Oceanic 'garbage patch' not nearly as big as portrayed in media. *ScienceDaily*. (January 5, 2011). 2011. Disponible en: www.sciencedaily.com/releases/2011/01/110104151146.htm

WWF-Adena. Programa de lucha contra la contaminación marina por hidrocarburos. Operativo ERGOS. España. Sin año.

RECUADRO LAS ISLAS DE BASURA DE LOS OCÉANOS

Casey, S. Garbage in, garbache out. Conservation Magazine 11: 12-17. 2010.

Oregon State University. Oceanic 'garbage patch' not nearly as big as portrayed in media. *ScienceDaily.* (January 5, 2011). 2011. Disponible en: www.sciencedaily.com/releases/2011/01/110104151146.htm

Contaminación del suelo

Ruyters, S., J.Mertens, E.Vassilieva, B.Dehandschutter, A.Poffijn y E. Smolders. The red mud accident in Ajka (Hungary): Plant toxicity and trace metal bioavailability in red mud contaminated soil. *Environmental Science Technology* 45: 1616–1622. 2011.

SSSA. Glossary of Soil Science Terms. Disponible en: www.soils.org/publications/soils-glossary/ Fecha de consulta: Septiembre de 2011.

Summer, M.E. Handbook of Soil Science. CRC Press. EU. 2000.

Van Straalen, N. M. Assessment of soil contamination – a functional perspective. *Biodegradation* 13: 41–52. 2002.

Contaminación atmosférica

Conanp. Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Izta-Popo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 2008.

Contaminación por luz y sonido

Deda, P. I. Elberthzgen y M. Klussmann. Ligh pollution and the impacts on biodivesity, species and their habitats. En *StarLight*. *A common heritage*. Marín, C. y J. Jafari (Eds.). Starlight Initiative, Instituto de Astrofísica de Canarias. Islas Canarias, España. 2007.

Hollan, J. What is light pollution, and how do we quantify it? 2009. Disponible en http://amper.ped.muni.cz/light/lp_what_is.pdf

Longcore, T. y C. Rich. Ecological light pollution. Frontiers in Ecology and the Environment 2: 191-198. 2004.

McKenna, C. e IFAW. Ocean noise: turn it dawn. A report on ocean noise pollution. IFAW. 2008.

Morris, G. Light pollution prevention plan for sea turtle habitat conservation: Isabella ocean residences, Carolina, Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico. 2005.

WDCS. Oceans of noise. A WDCS Science report. Simmonds, M., S. Dolman y L. Weilgart (Eds.). Whale and Dolphin Conservation Society. England. 2004.

Cambio climático

CDB. Cambio climático y diversidad biológica. Convenio sobre la Diversidad Biológica, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2007. FIGURA 49.

Pounds, J.A. y M. L. Crump. Amphibian declines and climate disturbance: The case of the golden toad and the Harlequin frog. *Conservation Biology* 8: 72-85. 1994.

Organismos genéticamente modificados

Acevedo Gasman, F. et al. La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Uso y Estudio de la Biodiversidad. México. 2009.

Castillo Alvarado, S.F., F. Sánchez, F. Mendoza Alfaro y P. Koleff. Los peces bioluminiscentes en México: ¿un riesgo para el ambiente? *Conabio. Biodiversitas* 85: 11-15. 2009. FIGURA 50.

CEC-CCA-CCE. Maíz y Biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México. Informe del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. Comisión para la Cooperación Ambiental. Québec, Canadá. 2004. FIGURA 50.

Clive, J. Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/ genéticamente modificados en 2010. Sumario 42. ISSSA. 2010. Ithaca, N.Y. FIGURA 51.

DOF. Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados. México. 2005 (18 de marzo). FIGURA 50.

Fox, J. L. FDA transgenic animal guidance finally surfaces. *Nature Biotechnology* 26: 1205-1207. 2008.

Lu, Y., W. Kongming, J. Yuying, X. Bing, L. Ping, F. Hongqiang, K.A.G. Wyckhuys, y G. Yuyuan. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wid scale adoption of Bt cotton in China. *Science* 328: 1151-1154. 2010.

Monsanto. Solicitud de permiso para liberación al ambiente etapa comercial del organismo genéticamente modificado algodón bollgard®/solucion faena (mon-00531-6 x mon-01445-2). Región agrícola del estado de Chihuahua. Ciclo agrícola primaveraverano 2010. Disponible en www.senasica.gob.mx

Trigo, M. y Y. Cristina. Cultivos y alimentos transgénicos en México. El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas. *Argumentos* 22: 217-243. 2009.

¿Cuál es la situación de la biodiversidad?

Ecosistemas

Ecosistemas terrestres

Dirzo, R. y M.C. Garcia. Rates of deforestation in Los Tuxtlas a neotropical area in southeast México. Conservation Biology 6: 84-90. 1992. FIGURA 55.

FAO. Countries with large net changes in forest area 2000-2005. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. FIGURA 53.

FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura. Roma. 2010. FIGURA 53 INEGI. Carta de vegetación primaria potencial. Escala 1:1 000 000. México. 2001. FIGURA 54 Y 56.

INEGI. Carta de uso del suelo y vegetación, Serie IV. Escala 1: 250 000. México. 2011. FIGURA 54 Y 56.

Ecosistemas acuáticos

Jackson, J. B. C. Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 11458–11465. 2008.

Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being:* Synthesis. Island Press. MEA. Washington, D.C. 2005. FIGURA 61.

Nilsson, C., C.A. Reidy, M. Dynesius y C. Revenga. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308: 405-408. 2005. FIGURA 58.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. *Perspectiva mundial sobre la diversidad biológica 3.* Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Canadá. 2010. FIGURA 65.

The Global Runoff Data Centre. Long term mean monthly discharges and annual characteristics of selected GRDC stations. Alemania. 2005. FIGURA 59.

Ward, P. y M.R. Myers. Shifts in open-ocean fish communities coinciding with the commencement of commercial fishing. *Ecology* 86: 835-847. 2005. FIGURA 61.

Waycott, M., C.M. Duarte, T.J. Carruthers, R.J. Orth, W.C. Dennison, S. Olyarnik, A. Calladine, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, R. Hughues, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, F.T. Short y S.L. Williams. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 12377-12381. 2009. FIGURA 64.

RECUADRO LAS TORTUGAS MARINAS DEL CARIBE: UN FUTURO INCIERTO

McClenachan, L., J.B.C. Jackson y M.J.H. Newman. Conservation implications of historic sea turtle nesting beach loss. *Frontiers in Ecology and the Environment 4:* 290-296. 2006.

RECUADRO LA FOCA MONJE DEL CARIBE: UNA EXTINCIÓN MUY "HUMANA"

McClenachan L. y A.B. Cooper. Extinction rate, historical population structure and ecological role of the Caribbean monk seal. *Proceeding of the Royal Society* B 275: 1351-1358. 2008. FIGURA.

RECUADRO MAR ARAL: CRÓNICA DE UN DESASTRE

UNEP y GRID-Arendal. The disappearance of the Aral Sea. UNEP, GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2009. Disponible en: http://maps.grida.no/go/graphic/the-disappearance-of-the-aral-sea

¿Cómo vamos con las especies?

Ceballos, G. y P.R. Ehrlich. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296: 904-907. 2002. FIGURA 71.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en: www.iucnredlist.org/Fecha de consulta: Diciembre de 2010. FIGURA 70.

Koch, L. P. y D. Barnoski. Late Quaternary extinctions: State or debate. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 215-250. 2006. FIGURA 67.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA 70.

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: Current state and trends. MEA. Island Press. Washington, D.C. 2005. FIGURA 69.

WWF, GFN y ZSL. *Planeta vivo, informe 2010: biodiversidad, biocapacidad y desarrollo.* 2010. Disponible en: http://www.wwf.org.mx FIGURA 72 Y 73.

RECUADRO LAS GRANDES EXTINCIONES Y SUS CAUSAS

Eldredge, N. La sexta extinción. *ActionBioscience*. Junio 2001. Disponible en: www. actionbioscience.org/esp/nuevas-fronteras/eldredge2.html

Muñoz-Araujo, B. y P. Refoyo-Román. Extinciones históricas. En: Documento del Grupo de Trabajo de Conama 10: La pérdida de la biodiversidad, responsabilidad y soluciones. España. 2010.

RECUADRO LAS ORCAS QUE ACABARON CON LAS ALGAS

Springer, A.M., J.A. Estes, G. vanVliet, T.M. Williams, D.F. Doak, E.M. Danner, K.A. Forney y B. Pfister. Sequential megafaunal collapse in the North Pacific Ocean: an ongoing legacy of industrial whaling? *Proceedings of the National Academy of Science* 100: 12223-12228, 2003.

¿Cómo conservamos la biodiversidad?

Un poco de historia

Primack, R.B. A primer of conservation biology. Sinauer Associates Inc. USA 1995.

Primack, R. y F. Massardo. Restauración ecológica. En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

¿Qué proteger?

Rozzi, R., R. Primack, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. ¿Qué es la biología de la conservación? En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

¿Cómo conservar especies?

Payton, I.J., M. Fenner y W.G. Lee. Keystone species: the concept and its relevance for conservation management in New Zeland. *Science for Conservation* 203: 5-29. 2002.

Conservando las poblaciones de las especies en la naturaleza

Beier, P. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. Conservation Biology 7: 94-108. 1993.

Berger, J. Persistence of different-sized populations: An empirical assessment of rapid extinctions in bighorn sheep. *Conservation Biology* 4: 91-98. 1990.

Carabias, J., J. Sarukhán, J. De la Maza y C. Galindo L. (Coords.). *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2010.

Medellín, R.A. et al. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas. En: Conabio. Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Primack, R.B. A primer of conservation biology. Sinauer Associates Inc. U.S.A. 1995.

Primack, R.B. Establecimiento de nuevas poblaciones. En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas.* Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

Shaffer, M.L. Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* 31: 131-134. 1981.

Valladares-Padua, C., S. Machado Padua, A.C. Saddy Martins y L. Cullen Jr. Restablecimiento del mono tití-león-negro en Brasil. En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

RECUADRO ALGUNOS ASPECTOS BÁSICOS PARA CONSERVAR LA BIODIVERSIDAD

Bonnell, M. L. y R. K. Selander. Elephant seals: genetic variation and near extinction. *Science* 184: 908-909. 1974.

RECUADRO CONSERVANDO NUESTRAS ESPECIES: EL PROCER

Conanp. Programa de Conservación de Especies en Riesgo. México. 2010.

Conservando especies fuera de su hábitat natural

Colecciones de plantas y semillas

Coombes y colaboradores. Lista de plantas en los jardines botánicos de México. En: Lascuráin, M. et al. Conservación de especies ex situ. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009. FIGURA 80.

Los zoológicos, acuarios y criaderos

Lascuráin, M. et al. Conservación de especies ex situ. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Primack, R.B. A primer of Conservation Biology. Sinauer Associates Inc. USA 1995. FIGURA 83.

¿Cómo conservamos los ecosistemas?

Las áreas naturales protegidas

Badman, T. y B. Bomhard. World heritage and protected areas. 2008 Edition. An initial analysis of the contribution of the World Heritage Convention to the global network of protected areas presented to the 32nd session of the World Heritage Committee, Québec City, Canada, in July 2008. IUCN. Switzerland. 2008.

Chape, S., Spalding, M. y Jenkins M. D. *The world's protected areas.* UNEP World Monitoring Centre. University of California Press. USA. 2008.

Coad, L., N.D.Burgess, B. Bomharda y Ch. Besançon. *Progress towards the Convention on Biological Diversity's 2010 and marine 2012 targets for protected area coverage*. A technical report for the IUCN international workshop "Looking to the Future of the CBD Programme of Work on Protected Areas", Jeju Island, Republic of Korea, 14-17 September 2009. UNEP-WCMC. 2009.

Conanp. México. 2011. FIGURA 86 Y 87

DGEIA-Semarnat. Con base en: INEGI. Carta de uso del suelo y vegetación, Serie IV. Escala 1: 250 000. México. 2011. FIGURA 88

Muland, K.J. y S. Chape. *Protected areas and biodiversity*. UNEP, WCMC y CBD. Malasia. 2004.

Mulongoy, K.J. y S.P. Chape (Eds.). Protected Areas and Biodiversity: An overview of key issues. CBD Secretariat y UNEP-WCMC. 2004.

Sánchez-Cordero, V., F. Figueroa, P. Illoldi y M. Linaje. *Efectividad de las áreas naturales protegidas de México*. En: Bezauri-Creel, J.D. Gutiérrez Carbonell *et al.* Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. En: Conabio. *Capital Natural de México*. *Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

UNEP-WCMC. State of the world's protected areas: an annual review of global conservation progress. UNEP-WCMC, Cambridge. 2008. FIGURAS 84 Y 85.

Pago por servicios ambientales

Forest Trends, The Katoomba Group y UNEP. Payments for ecosystem services getting started: A primer. Forest Trends y The Katoomba Group. Publishing Services Section. Kenia. 2008.

Semarnat. Programa Anual de Trabajo 2011. Sector Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 2011.

Wunder, S. Payments for environmental services: Some nuts and volts. Center for International Forestry Research. Indonesia. 2005.

Recuperación de los ecosistemas

Primack, R. y F. Massardo. Restauración ecológica. En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

UNEP, GRID-Arendal. Dead planet, living planet. Biodiversity and ecosystem restoration for sustainable development. A rapid response assessment. Nellemann, C. y E. Corcoran (Eds.). Kenya. 2010.

Las leyes y los acuerdos también ayudan a la conservación de las especies y ecosistemas

Azuela, A. et al. Una década de transformaciones en el régimen jurídico del uso de la biodiversidad. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Las leyes y los acuerdos también ayudan a la conservación de las especies y ecosistemas

CDB. Biodiversity and Sustainable Development. Montreal, Canada. 2002.

Graham B. Integrating biodiversity conservation and sustainable use: lessons learned from ecological networks. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. 2004.

Primack, R., R. Rozzi, F. Massardo y P. Felsinger. Conservación y desarrollo sustentable a niveles local y nacional. En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

Reconciliando las actividades agropecuarias con el ambiente

RECUADRO PRODUCCIÓN AMBIENTALMENTE AMIGABLE: LOS PRODUCTOS ORGÁNICOS

Anta Fonseca, S., J. Carabias et al. Consecuencias de las políticas públicas en el uso de los ecosistemas y la biodiversidad. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Los bosques como aliados para el desarrollo sustentable

RECUADRO EL MANEJO SUSTENTABLE DE LOS BOSQUES DE MÉXICO

Conafor. México. 2010.

Aprovechando la vida silvestre

Anta Fonseca, S., J. Carabias et al. Consecuencias de las políticas públicas en el uso de los ecosistemas y la biodiversidad. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Primack, R., R. Rozzi, P. Felsinger y F. Massardo. Conservación fuera de las áreas protegidas. En: Primack, R., R. Rozzi. P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (Eds.). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.

RECUADRO LAS UMA Y EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA VIDA SILVESTRE

DGVS-Semarnat. México. 2010.

Viajando sustentablemente

Eagles, P., F.J. McCool, F. Stephen y C.D.A. Haynes. Sustainable tourism in protected areas: guidelines for planning and management. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2002.

Álvarez Icaza, P., C. Muñoz Piña et al. Instrumentos territoriales y económicos que favorecen la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. En: Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

¿Qué puedo hacer?

Conociendo la biodiversidad: los más extremos

Benn, J. What is biodiversity? Come with us on a journey. UNEP. 2010.

Carwardine, M. Extreme Nature. The weirdest animals and plants on the planet. Smithsonian, HarperCollins. USA. 2005.

Colbourne, J.K. et al. The ecoresponsive genome of *Daphnia pulex*. Science 331: 555-561. 2011.

Kuntner, M. y I. Agnarsson. Web gigantism in Darwin's bark spider, a new species from Madagascar (Araneidae: Caerostris). *The Journal of Arachnology* 38: 346-356. 2010.

Marx, E. The fight Yasuni. Science 330: 1170-1171. 2010.

WWF Internacional. *Planeta vivo. Informe 2010: biodiversidad, biocapacidad y desarrollo.* World Wildlife Fundation. Suiza. 2010.

¿Qué ver y a dónde ir?

Para visitar en México...

Conanp. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, México. Semarnat. México. 2007.

Galindo-Leal C. y E. Rendón-Salinas. Danaidas: las maravillosas mariposas monarca.

Telcel Publicación Especial No.1. World Wildlife Fundation. México. 2005.

Pedraza Ruiz, R. Conservación de la avifauna en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda; del pago de servicios ambientales a la educación ambiental. Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics 569–576. 2009. Pérez, P.H. Estimación de abundancia de crías de ballena gris (Eschrichtius robustus) con base en observaciones desde tierra en Costa Azul, Ensenada, Baja California, en los años 2004-2006. Tesis de Maestría. CICESE, Ecología Marina. México. 2007.

Remolina, J. F. G. Reserva de la Biosfera Tiburón Ballena. En: *Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito*. Carabias, J., J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (Coords.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2010.

Rubio, R. El flamenco rosa del Caribe y su conservación. En: *Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito.* Carabias, J., J. Sarukán, I. de la Maza y C. Galindo (Coords.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2010.

Ruelas I.E. La migración de las aves. En: Moreno-Casasola, P. (Ed.). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 2006.

Téllez, O, M. Reyes, P. Dávila, K. Gutiérrez, O. Téllez, R.X. Álvarez, A.V. González, I. Rosas, M. Ayala, M. Murguía y U. Guzmán. *Guía ecoturística: las plantas del valle de Tehuacán Cuicatlán.* Millenium Seed Bank Project Kew, FESI-UNAM y VW. 2008.

La biodiversidad fuera de su ambiente natural

Asociación Mexicana de Jardínes Botánicos, A.C. Los jardínes botánicos y la conservación de la diversidad vegetal de México. En: Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito. Carabias, J., J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (Coords.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2010.

Cartas, G.J. El zoológico regional Miguel Álvarez del Toro. En: Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito. Carabias, J., J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (Coords.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Bioiversidad. México. 2010.

Conabio-Conanp-Semarnat. Estrategia mexicana para la conservación vegetal: objetivos y metas. México. 2008.

Museo de las Aves de México. Disponible en: www.museodelasaves. org/ Fecha de consulta: Agosto de 2011.

Rodríguez, A.M. Los jardines botánicos de México: análisis y perspectivas. *Conabio. Biodiversitas* 23: 9-14. 2005.

Vovides, A., E. Linares y R. Bye. *Jardines botánicos de México: historia y perspectiva.* Secretaría de Educación de Veracruz-INECOL. México. 2010.

La biodiversidad del pasado

Applegate, S.P., L. Espinosa-Arrubarrena, J. Alvarado-Ortega y M. Benammi. Recent investigations in the Tlayúa Quarry. En: Vega, F.J., T.G. Nyborg, M.C. Perrilliat, M. Montellano-Ballesteros, S.R.S. Cevallos-Ferriz, y S.A. Quiroz-Barroso (Eds.). Studies on Mexican Paleontology. Topics in Geobiology 24. Springer. The Netherlands. 2006.

Arroyo-Cabrales, J., A.L. Carreño, S. Lozano-García, M. Montellano-Ballesteros et al. La diversidad en el pasado. En: Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2009.

Bravo-Cuevas, V.M., E. Ortiz-Caballero y M.A. Cabral-Perdomo. Gliptodontes (Xenarthra, Glyptodontidae) del Pleistoceno Tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, Centro de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 61: 267-276. 2009.

Catálogo ilustrado de los fósiles de la cantera de Tlayúa. University of Alberta, California. Disponible en: www.ualberta.ca/~mnewbrey/MFMeeting/Mesozoic%20 Fishes%20Meeting%20fieldtrips/List of taxa.pdf Fecha de consulta: Junio de 2011

Mead, J.I., S.L. Swift, R.S. White, H.G. McDonald y A. Baez. Late Pleistocene (Rancholabrean) Glyptodont and pampathere (Xenarthra, Cingulata) from Sonora, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 24: 439-449. 2007.

Rivera, S.E. Estudio bioestratigráfico de San Juan de Guadalupe, Durango, de acuerdo a su paleofauna. Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolivar 2: 25-29. 2000.

Rodríguez-de la Rosa, R.A. El Estudio de los Dinosaurios de México: historia, registro y perspectivas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 37: 49-57. 2007.

Para observar la biodiversidad...

Lastanao L.C. Huellas y rastros de animales del Pirineo y Europa. Ediciones Montañas y Hombres S.L. Huesca, España. 2002.

Manzano F.P. Manual del observador de aves. Agrupación Dodo A.C. y Asesores en Desarrollo Turístico Sustentable S.C. México. 2002.

¿Qué hacer para conservar la biodiversidad en el lugar donde vives?

Dolsa, A.G. y M.T. Albarrán. La problemática de la contaminación lumínica en la conservación de la biodiversidad. I Sesión de trabajo sobre la contaminación lumínica. Departament de Medi Ambient Generalitat de Catalunya. 2003.

Longcore T. y C. Rich. Ecological light pollution. Frontiers in Ecology and the Environment 2: 191-198. 2004.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. La biodiversidad y la agricultura: salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Canadá. 2008.

Barrameda.com. ¿Cuánto tarda la naturaleza? Disponible en: www.barrameda.com. ar/articulo/resid002.htm Fecha de consulta: Junio de 2011.

Biodiversidad en las ciudades

Ceballos, G., J, Cruzado y C. Colón. Conservación de la fauna en peligro de extinción en el Bosque de Chapultepec. *Conabio. Biodiversitas* 61: 12-15. 2005.

Bat Conservation International. Final report on environmental education at the Congress Avenue Bridge in 2006. 2007.

Bat Conservation International y Austin American Statesman. Freetail Flyer. News and information about the world's largest urban bat colony. 2006. Disponible en: www.batcon.org

Grant, G., L. Engleback y B. Nicholson. *Green roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas.* English Nature Research Reports 498. England. 2003.

Pickett, S.T.A. y J.M. Grove. Urban ecosystems: What would Tansley do? *Urban Ecosystems* 12: 1–8. 2009.

Biodiversidad en los campos de cultivo

Altieri, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19–31. 1999.

Toledo, V.M. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Artigo. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável* 3: 27-26. 2002.

Pagaza Calderón, E.M. Efecto de la urbanización y el cambio cultural en la estructura florística de los huertos familiares y su papel en la conservación de especies silvestres. Un estudio de caso en Tlacuilotepec, Puebla. UNAM. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas. 2008.

Vogl, C.R., B.N. Vogl-Lukasser, y J. Caballero. Homegardens of Maya migrants in the district of Palenque, Chiapas, México: implications for sustainable rural development. En: Stepp, J.R., F.S. Wyndham y R.K. Zarger (Eds.). Ethnobiology and biocultural diversity. Proceedings of the 7th International Congress of Ethnobiology. University of Georgia Press, Athens, Georgia. October 2000.

¿Cómo estar alerta cuando compres plantas y animales?

DOF. Reforma a la Ley General de Vida Silvestre. 2010 (30 de noviembre).

Profepa. www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/1270/1/mx.wap/donde_donar ejemplares de vida silvestre.html Fecha de consulta: Noviembre de 2011.

DOF. Nuevo Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. 2006 (30 de noviembre).

Los incomprendidos

Casas-Andreu, G. Mitos, leyendas y realidades de los reptiles en México. CIENCIA ergo sum 7: 286-291. 2000.

Conabio. Fichas de especies prioritarias. Lobo mexicano (Canis Iupus). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 2009.

Gabriel-Cruz, J. M. Entre la noche y la incomprensión. Murciélagos. X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (RED POP-UNESCO) y IV Taller "Ciencia, Comunicación y Sociedad". San José, Costa Rica. 2007.

Charro-Gorgojo, M.A. Lechuzas y búhos ¿aves de mal agüero? *Revista de Folklore* 17a: 75-82. 1997.

Colodner, C.A.G. y R.M.E. Olivares. Mitos y realidades sobre los murciélagos en la Sierra Norte de Puebla. *Saberes Compartidos* 2: 33-37. 2008.

Jiménez-Casas, G. Mitos y realidades de las mariposas negras. Correo del Maestro 65. 2001.

¿Cómo conservar la biodiversidad en su ambiente natural?

ICRAN. Estándares voluntarios para la recreación marina sustentable en el arrecife mesoamericano. ICRAN Alianza para el Arrecife Mesoamericano, Grupo de Trabajo de Estándares y Código. The Coral Reef Alliance. 2007.

DEFRA-USAID. Buenas prácticas para turismo sostenible. Ministerio de Turismo del Ecuador y Rainforest Alliance. Guatemala. 2008.

PNUMA. Guía práctica de buenas prácticas. Gestión de cuestiones ambientales en el sector de la recreación marina. Center for Environmental Leadership in Business-CELB, Coral Reef Alliance, Iniciativa de Tour Operadores en favor del Desarrollo del Turismo Sostenible y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2007.

PNUMA. Guía práctica para gestionar los impactos sociales y medioambientales del turismo de montaña. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Conservation International y Tour Operator's Initiative. Ministerio de Ecología, Desarrollo y Ordenación del Territorio Sostenible de Francia. 2007.

UNEP-UNESCO-WTO/OMT Sustainable tourism: The tour operator's contribution. Tour Operator's Initiative for Sustainable Tourism Development. France. 2003.

Acciones que podría pensarse que no son útiles a la biodiversidad

Calvo, A., M.P. Aguilar y M.P. Berrios. El comportamiento ecológico responsable: un análisis desde los valores bioesféricos, sociales-altruistas y egoístas. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia* 1: 11-25. 2008.

Biodiversidad. Conocer para conservar,
se terminó de imprimir en diciembre de 2011
en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C.V.
El tiro consta de 5 000 ejemplares.
El contenido y la edición estuvieron a cargo
de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental
de la SEMARNAT