

¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo

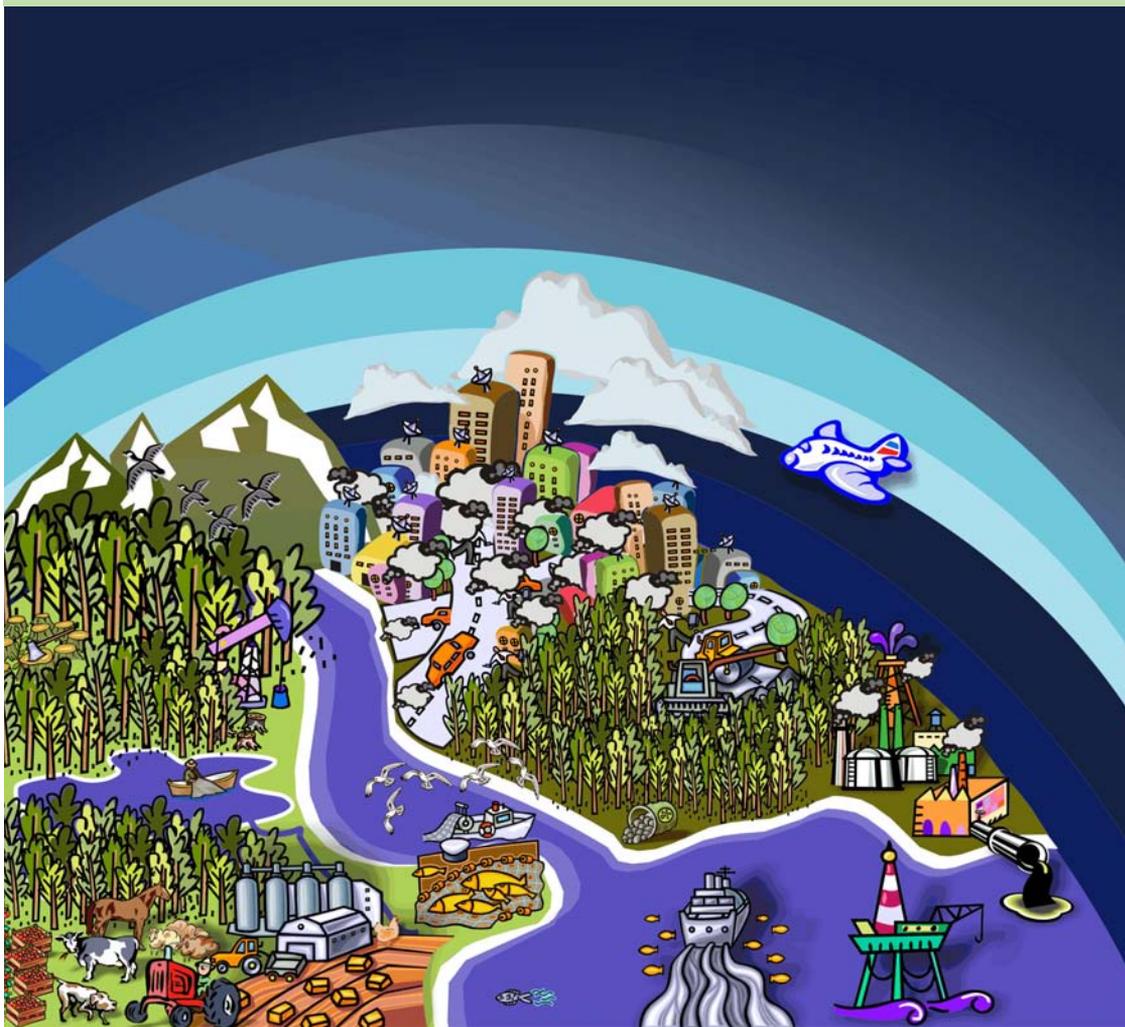


**GOBIERNO
FEDERAL**

SEMARNAT



¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo



DR © 2007, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Edificio sede

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209

Jardines en la Montaña, CP 14210

Tlalpan, México D. F.

<http://www.semarnat.gob.mx>

contactodgeia@semarnat.gob.mx

¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo

Impreso en México

ISBN 978-968-817-877-5

Como citar esta obra:

Semarnat. *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. Semarnat. México. 2007.

Para mayor información sobre esta obra, favor de comunicarse a:

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



GOBIERNO
FEDERAL

SEMARNAT



¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo es parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El contenido y la edición estuvieron a cargo de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Edición: Arturo Flores Martínez y César Rodríguez Ortega. Integración: Mildred Castro Hernández, Miguel Chipole Ibáñez, Angélica Daza Zepeda, Teresa González Ruiz, Miguel Gutiérrez Ladrón de Guevara, Edmundo Huerta Patricio, Juan David Reyes Vázquez, Verónica E. Solares Rojas. Diseño: Ariadna Jaimes Chacón.



El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Proyecto PNUD-SEMARNAT "Espacios públicos de concertación social para procesos de desarrollo sustentable local" apoyó parcialmente la elaboración de esta obra, con objeto de mejorar la cantidad, calidad y accesibilidad de la información ambiental.

Índice

1



Impacto humano en el medio ambiente

1

- ¿ Cómo impacta nuestra sociedad al medio ambiente ? 2
- ¿ Cómo podemos medir nuestro impacto en el ambiente ? 7
- ¿ De qué magnitud es la huella ecológica mundial ? 8
- ¿ Cómo usamos los mexicanos el medio ambiente ? 10
- ¿ Cuáles son las actividades que contribuyen más a nuestra huella ecológica ? 10
- ¿ Cómo pueden mantenerse las sociedades modernas con una huella ecológica tan grande ? 12

- ¿ Qué puedo hacer...? 13
- Lecturas y páginas de internet recomendadas 13
- Bibliografía 14

2



Pérdida y alteración de los ecosistemas

15

- ¿ Qué son y para qué nos sirven los ecosistemas ? 16
- ¿ Estamos perdiendo los ecosistemas naturales ? 18
- Recuadro: Los humedales: riqueza natural que desaparece 22
- Recuadro: La deforestación 25
- ¿ Y qué hay con México ? 28
- Recuadro: La fragmentación de los ecosistemas 31
- ¿ Cuáles son las consecuencias de la pérdida de los ecosistemas naturales ? 33
- Pérdida y alteración de los servicios ambientales 33
- ¿ Por qué son importantes los suelos ? 35
- Recuadro: ¿ Cuántos tipos de suelos hay? 37
- Los suelos también se deterioran 38

- ¿ Qué puedo hacer...? 41
- Lecturas y páginas de internet recomendadas 41
- Bibliografía 42

3



Biodiversidad

43

¿ Qué es la biodiversidad ?	44
¿ En qué niveles se estudia la biodiversidad ?	48
Diversidad genética	48
Diversidad de especies	50
Diversidad de ecosistemas	50
¿ Por qué México es un país megadiverso ?	50
¿ Por qué México tiene esta enorme diversidad biológica ?	53
¿ Qué beneficios obtenemos de la biodiversidad ?	55
Recuadro: México: el pueblo del maíz	57
Recuadro: Proyecto Biosfera 2: un miniplaneta poco funcional	58
¿ La extinción es un evento común en la naturaleza ?	60
¿ Qué tan rápido se están perdiendo las especies ?	62
Recuadro: Las islas, pequeños refugios de la biodiversidad	64
Recuadro: El pájaro carpintero imperial: triste pérdida de nuestra biodiversidad	66
¿ Cómo afectan las especies introducidas a la biodiversidad ?	68
¿ Cómo afectan la caza, colecta y pesca a las poblaciones silvestres de plantas y animales ?	71
Recuadro: Las islas y las especies invasoras	72
¿ Qué son los organismos genéticamente modificados y cuáles sus posibles impactos en el medio ambiente ?	74
Recuadro: ¿ Cómo se hace un transgénico ?	77
¿ Qué puedo hacer...?	78
Lecturas y páginas de internet recomendadas	79
Bibliografía	79

4



Agua

81

El agua y su problemática	82
¿ Dónde se encuentra el agua ?	84
En México, ¿ cuánta agua tenemos ?	88
Por cierto, ¿ cuánta agua usamos ?	93
Calidad del agua	96
Calidad del agua y contaminación	96
Recuadro: Las cuencas hidrológicas	99
¿ Cómo evaluamos la calidad del agua ?	100

Calidad del agua en zonas costeras y marinas	103
¿ Qué hacemos para enfrentar el problema de la contaminación del agua ?	108
Usos del Agua	112
¿ De dónde viene el agua que usamos ?	112
¿ Cuánta agua utilizamos ?	112
¿ Cuánta agua se utiliza para producir los alimentos ?	113
Huella hídrica	115
¿ Qué puedo hacer... ?	116
Lecturas y páginas de internet recomendadas	118
Bibliografía	118

5



Contaminación

	121
Calidad del aire	122
¿ Es limpio el aire que respiramos ?	122
Recuadro: La niebla londinense del 52	123
¿ Cuáles son los contaminantes y qué efectos tienen ?	124
Recuadro: ¿ Qué es la lluvia ácida ?	126
¿ Quiénes generan los contaminantes atmosféricos ?	129
Recuadro: La contaminación en el Valle de México	132
¿ Cómo sabemos si la calidad del aire es buena ?	134
¿ Qué tan limpio es el aire que respiramos ?	135
¿ Qué hacemos y qué nos hace falta ?	136
Recuadro: ¿ Qué es el Imeca? ¿ Y las contingencias ambientales ?	138
¿ Qué puedo hacer... ?	140
Lecturas y páginas de internet recomendadas	141
Residuos	142
¿ Cuánta basura producimos ?	142
¿ Qué hacemos con nuestra basura ?	143
¿ Qué son los residuos peligrosos ?	145
Recuadro: Los residuos peligrosos, un riesgo para la salud	147
¿ Qué hacemos con los residuos peligrosos?	148
Recuadro: ¡ Ponte las pilas con las pilas !	149
¿ Qué puedo hacer...?	151
Bibliografía	153

6



Cambio climático y ozono

155

Cambio climático	156
¿ Qué es el cambio climático ?	156
Efecto invernadero	156
¿ Cómo contribuye México a las emisiones globales de gases de efecto invernadero ?	157
¿ Existe evidencia del cambio climático ?	160
¿ Qué consecuencias enfrentamos por el cambio climático ?	161
Eventos extremos y alteraciones climáticas	162
Efectos en agricultura y pesquerías	162
Deshielos y cambios en el nivel del mar	163
Efectos sobre la biodiversidad	165
Recuadro: Tuvalu: un país que desaparece	166
¿ Cuáles son los cambios pronosticados para México y el mundo como consecuencia del cambio climático ?	168
En el mundo	169
En México	171
¿ Qué está haciendo la sociedad para frenar el cambio climático ?	177
¿ Qué puedo hacer...?	178
Ozono	180
¿ Un escudo en el cielo ? La capa de ozono	180
¿ Existe un agujero en la capa de ozono ?	181
¿ Cómo se dieron cuenta los científicos del adelgazamiento de la capa de ozono ?	182
¿ Cuáles son las consecuencias del adelgazamiento de la capa de ozono ?	185
¿ México es responsable del agujero de ozono ?	186
¿ Qué hacemos en México y el mundo ?	187
¿ Qué puedo hacer...?	190
Lecturas y páginas de internet recomendadas	190
Bibliografía	191

Impacto humano en el medio ambiente



Impacto humano en el medio ambiente

¿Cómo impacta nuestra sociedad al medio ambiente?

Si pudiéramos observar la Tierra desde su satélite natural, la Luna, luciría como un planeta apacible, una esfera azul salpicada por masas de nubes sumida en una aparente e inalterable calma. Las grandes cuencas oceánicas y los mares, los continentes, las islas y los hielos perpetuos de los polos parecerían inmutables. Quizá tan sólo el movimiento de las nubes nos daría la impresión de que algo en ella cambia.

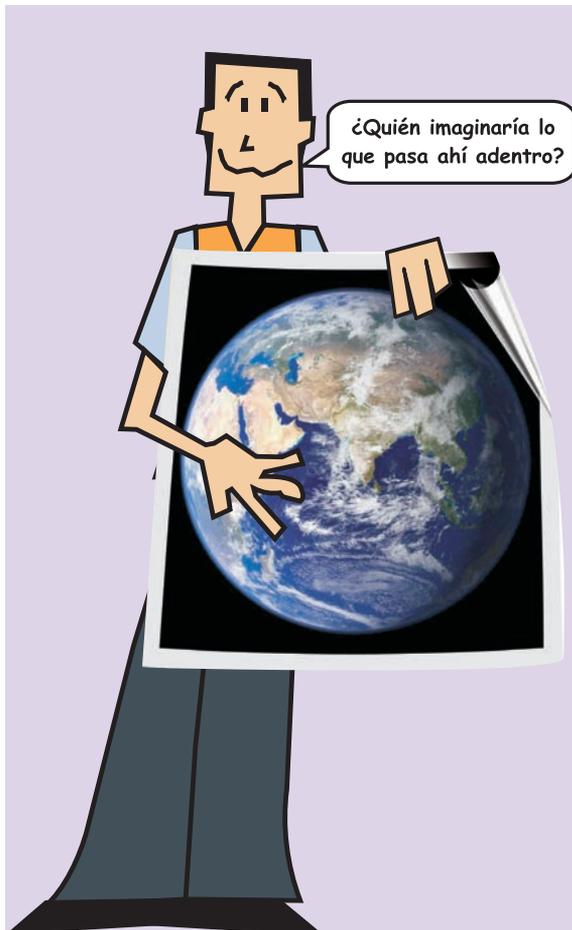
Mirando desde ahí, tal vez muy pocos sabrían que la apariencia actual del planeta es el resultado de

la acción acumulada, a lo largo de varios miles de millones de años, de fenómenos naturales como los sismos, las erupciones volcánicas, los huracanes, la erosión causada por el viento y el agua, así como por la actividad de los seres vivos.

Esas fuerzas siguen modificando nuestro planeta: crean nuevas tierras y desaparecen otras, modelan las costas, remueven y alteran la vegetación y permiten la evolución de nuevas formas de plantas, animales y microorganismos. Nuestro mundo no es estático, está en continuo cambio.

Viajando hacia la Tierra y traspasando su atmósfera, se harían visibles las huellas de nuestra presencia. Si es de noche, serían perceptibles los entramados de las zonas urbanas a manera de manchas de luz, así como los caminos y las carreteras que las conectan; de día, los campos agrícolas y los caminos que cruzan bosques y selvas serían reconocibles, tanto como los embalses que yacen detrás de las cortinas de las presas y las minas a cielo abierto, por mencionar tan sólo algunas de las huellas que la civilización moderna ha dejado sobre la superficie del globo.

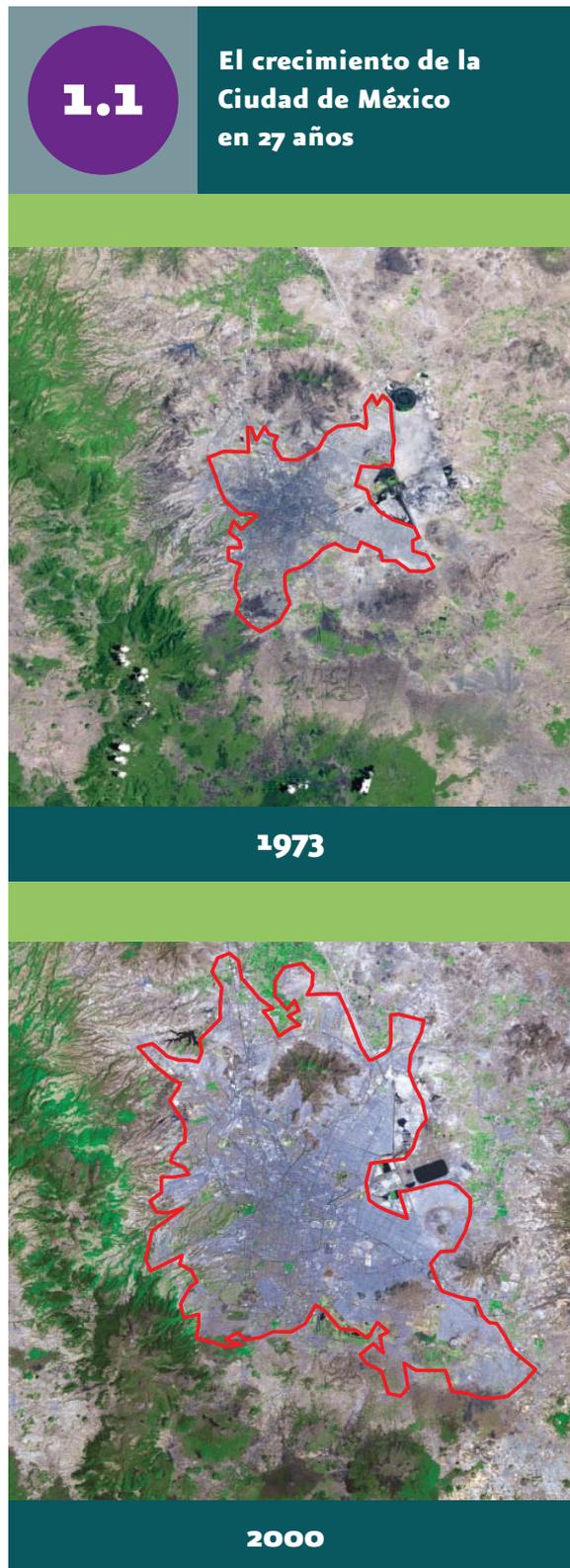
El desarrollo de nuestra civilización ha modificado, y en muchos casos de manera substancial, el paisaje terrestre. Las ciudades y poblados en los que vivimos, así como los campos de los que obtenemos nuestros alimentos han removido a los ecosistemas originales, secado lagos y ríos -como en el caso de la Ciudad de México (Figura 1.1)- o incluso ganado tierras al mar -como Tokio, la capital japonesa-. También hemos llevado a la extinción a numerosas especies y sobrecargado la atmósfera con gases y contaminantes que causan



cambios en el clima, todo ello para establecernos y permitir que nuestras ciudades y pequeños poblados sigan creciendo.

Nuestro impacto no ha terminado ahí. Los productos que empleamos en nuestra vida diaria provienen de la explotación de los recursos naturales de muchos de los ecosistemas del planeta. Los alimentos que consumimos, la madera que empleamos para la construcción, los muebles o el papel, los plásticos que envuelven los artículos de la vida moderna, o los químicos que se emplean en la industria, agricultura o el hogar, todos de alguna manera están relacionados con ligeras perturbaciones o severos daños al ambiente. No es exagerado decir que nuestro planeta ha cambiado, y en muchos casos de manera irreversible, con la expansión y el desarrollo de nuestra civilización —puedes ver algunas de sus consecuencias en el cuadro Grandes cambios ambientales en el mundo y en México—.

Para muchas personas, sobretodo las que viven en las grandes ciudades, los efectos ambientales de la producción de bienes y servicios pueden pasar desapercibidos, ya que se producen muy lejos de nuestros hogares o trabajos. Por ejemplo, los efectos ambientales y sociales que la explotación de la caoba en la Amazonía desencadenan sobre la selva tropical y sus habitantes, raramente son conocidos por los ciudadanos europeos o norteamericanos que la importan para fabricar sus muebles, como tampoco lo son entre sus consumidores los impactos que sufren los ecosistemas marinos de la costa occidental de Sudamérica por la sobreexplotación de la anchoveta y otras tantas especies marinas en la zona de la corriente de Humboldt. Veamos en la Figura 1.2 con mayor detalle cómo las sociedades ejercen sus efectos sobre el medio. ejercen sus efectos sobre el medio.



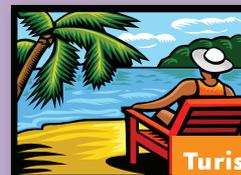
Nuestros impactos en el ambiente

1.2

Desarrollo urbano



POBLACIÓN



Turismo



Industria



Agricultura



Ganadería

Agentes de cambio

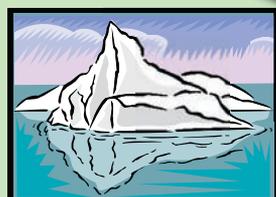
Pérdida y alteración de ecosistemas



Pérdida de biodiversidad



Contaminación de agua, suelo y aire



Cambio climático y adelgazamiento de la capa de ozono



Disminución de la disponibilidad de agua

Efectos en el ambiente

Las poblaciones de las que formamos parte ejercen sus impactos en el ambiente a través de un variado conjunto de actividades productivas, entre las que destacan la agricultura y la ganadería, la industria, el desarrollo urbano –en forma del crecimiento de las ciudades y poblados y su infraestructura asociada– y el turismo, entre muchas otras. A través de estas actividades obtenemos los bienes que observamos a nuestro alrededor y los servicios con los que satisfacemos nuestras necesidades diarias. Podemos citar los alimentos que consumimos, los muebles de nuestras casas y trabajos, el papel que utilizamos, las prendas que vestimos y los medicamentos que nos ayudan a curar alguna enfermedad.

Como lo hemos mencionado, la producción o uso de todos esos bienes tiene consecuencias en el medio ambiente: la pérdida y alteración de los ecosistemas y de su biodiversidad, la contaminación del agua, el aire y los suelos; y el cambio climático global y la reducción del grosor de la capa de ozono que nos protege de los peligrosos rayos ultravioleta de sol.

Todos los elementos del ambiente están estrechamente relacionados, los problemas ambientales que afectan a uno de ellos tendrán, en el corto, mediano o largo plazos, algún efecto directo o indirecto sobre uno o más de los restantes elementos.

Grandes cambios ambientales en el mundo y en México



El mundo

- Las cubiertas forestales se han reducido entre 20 y 50% de su extensión original.
- La mitad de los humedales del mundo han desaparecido tan sólo en el último siglo.
- Cerca del 70% de los bancos de las especies de peces comerciales más importantes están sobreexplotados o capturados a su nivel máximo sostenible.
- En los últimos cincuenta años, la degradación del suelo ha afectado cerca del 66% del total de las tierras agrícolas del planeta. Alrededor de 25 mil millones de toneladas de suelo fértil se pierden cada año en el mundo.
- La Tierra experimenta la sexta extinción de especies más importante de su historia asociada a la expansión y desarrollo de los seres humanos.
- Las presas y otras obras de infraestructura han fragmentado cerca del 60% de los sistemas fluviales del mundo.



México

- Se ha perdido cerca del 37% de la cubierta forestal nacional.
- Más del 80% de las pesquerías nacionales han alcanzado su aprovechamiento máximo.
- Cerca del 45% de los suelos presenta algún tipo de degradación causada por el hombre.
- Dos mil quinientas ochenta y tres especies, entre plantas y animales, están consideradas dentro de alguna categoría de riesgo.

Veamos un ejemplo de cómo la producción de bienes afecta a un elemento del ambiente y cómo éste altera las restantes unidades. La necesidad de producir más y mejores alimentos para una población cada vez más numerosa, ha impulsado a lo largo de los siglos a muchas comunidades asentadas en los bosques tropicales del mundo a eliminar la cubierta de bosque original para obtener nuevos terrenos de cultivo. Su primer impacto repercute en la merma de la superficie forestal –con lo que inmediatamente perdemos muchos tipos de materias primas y otros recursos naturales de manera definitiva-; pero también afecta a las poblaciones silvestres de las plantas y animales que ahí habitaban –que después del desmonte no encuentran más sitios adecuados para establecerse y reproducirse-, llegando incluso a ponerlas en las listas de peligro de extinción.

La pérdida de la cubierta del bosque tropical también origina que la lluvia, cuando cae y escurre por el suelo, arrastre muchas más partículas que las que llevaba originalmente cuando el bosque estaba presente. En efecto, las hojas de los árboles disminuyen la velocidad de las gotas al llegar al suelo, lo que evita que éste se pierda con fuertes aguaceros y que escurra por la superficie a gran velocidad, lo que podría ocasionar que los pequeños riachuelos desemboquen a los ríos o lagos cargados de sedimentos, volviéndolos más turbios, e incluso, azolvándolos, es decir, reduciendo su profundidad y, eventualmente, su superficie por la acumulación de partículas en su fondo.

Esta turbidez no sólo causa daños a las especies de plantas y animales que viven en los ríos y lagos, los cuales muchas veces requieren de agua transparente para realizar la fotosíntesis y para encontrar parejas –en el caso de animales como

La extracción de todos los bienes y los servicios que utilizamos causan, con distintos grados, impactos en el ambiente.

los peces y ranas-, sino podría también disminuir la calidad del agua y afectar a las comunidades humanas río abajo que se abastecen de ella para saciar su sed y cubrir otras necesidades.

Si seguimos el viaje de ese cauce de agua en su camino hacia el mar cargado aún con sedimentos, podríamos ver también como se depositan en el mar sobre los corales y otros animales que habitan en los arrecifes. Esto causaría que muchos de los corales no pudieran obtener la luz necesaria que utilizan del sol para sobrevivir y que, después de un tiempo de continuo depósito, murieran dejando sin refugio y alimento a los organismos de muchas especies de animales que dependen de ellos para sobrevivir –muchos de ellos especies marinas que utilizamos como alimento-. Con todo lo anterior puede parecer claro cómo la pérdida de tan sólo unas cuantas hectáreas de bosque tropical puede repercutir en muchos de los elementos del ambiente, incluyéndonos a nosotros mismos.

Debemos tener en cuenta que cada vez que compramos algún artículo (alimento, papel, tela o plástico, entre muchos otros) o usemos algún servicio (agua potable o electricidad o visitemos alguna playa o centro turístico), su elaboración, transporte, o simplemente su uso o desecho, genera algún impacto, ya sea grande o pequeño, en alguno de los elementos del ambiente.

¿Cómo podemos medir nuestro impacto en el ambiente?

Medir el impacto de nuestra sociedad en el ambiente es una tarea compleja. Sin embargo, se han propuesto diversas maneras para hacerlo, entre ellas el Índice del Planeta Viviente (IPV) y el Índice de Sustentabilidad Ambiental (ESI, por sus siglas en inglés). De todas estas formas de medirlo, no obstante, la más conocida es a través de la “huella ecológica”, propuesta en 1996 por el ecólogo canadiense William Rees y un estudiante graduado que trabajaba con él, Mathis Wackernagel.

Este concepto se basa en que los seres humanos, al igual que las plantas y los animales con los que habitamos el planeta, necesitamos de alimentos, energía y agua para vivir. Para obtener los vegetales, las frutas y la carne, así como las fibras, la madera y la energía eléctrica, necesitamos de un “pedacito” de la naturaleza, es decir, de una superficie que nos permita producirlos. De esta manera, requerimos de muchas hectáreas de suelos para destinarlos a la agricultura, otras tantas de bosques para extraer la madera y una gran superficie para captar y almacenar el agua que sirve en las hidroeléctricas para generar la electricidad, así como de minas para extraer el carbón y otros minerales indispensables en la industria moderna. A ello debemos sumar la superficie necesaria para absorber nuestros desechos, como el bióxido de carbono (CO₂) que se produce por la quema de combustibles fósiles. Toda esa superficie es nuestra huella ecológica.

Puesto en palabras sencillas, la huella ecológica es la superficie necesaria –tanto terrestre como

marina- para producir los alimentos y las otras materias primas que requerimos, así como para absorber nuestros desechos, generar la energía que consumimos y proveer del espacio para caminos, edificios y otro tipo de infraestructura.

Comúnmente, quienes calculan las huellas ecológicas utilizan como unidades de medida las hectáreas –cada una de las cuales equivale a diez mil metros cuadrados-. Si lo que calculan es la huella ecológica mundial, se utiliza como unidad la hectárea global, la cual toma en cuenta la productividad y la capacidad de absorción de los desechos del planeta como un todo, sin importar si esta superficie está ocupada por selvas, desiertos o terrenos con hielos perpetuos, o si ésta se encuentra en Australia, la India o México.

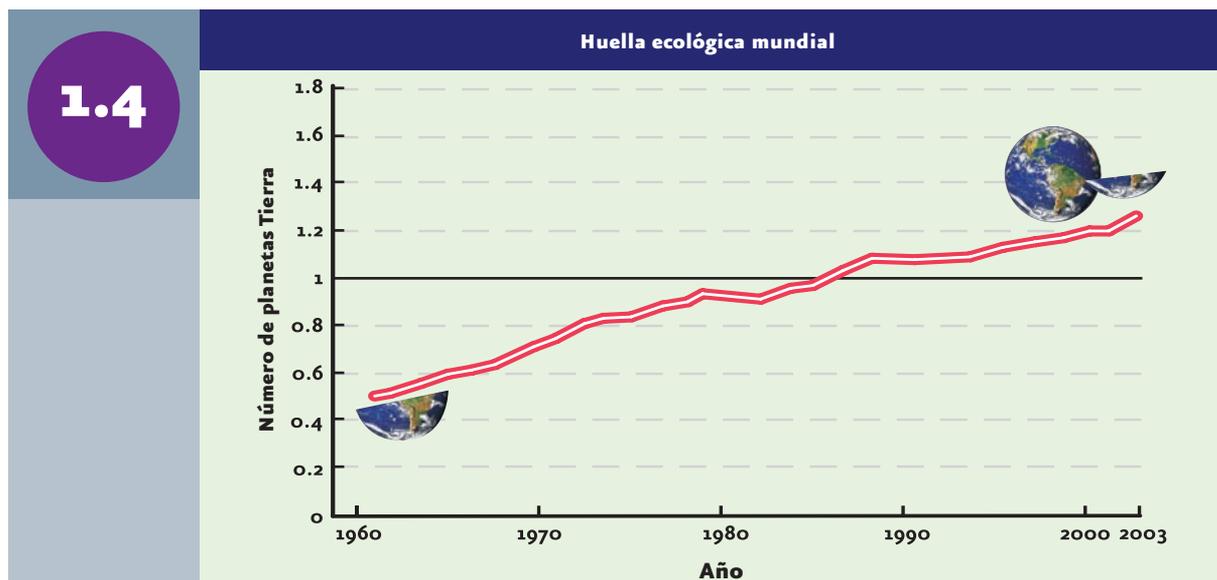
Puede parecerse lógico entonces que, entre mayores sean nuestras necesidades de bienes y servicios –las cuales en efecto han crecido día con día en el mundo-, mayor será también la superficie que necesitaremos para producirlos y desalojar nuestros desechos, y por tanto, nuestra huella ecológica será también más grande.

Los países con sociedades más industrializadas tienen huellas mayores que las de los países en desarrollo. De igual modo, las grandes ciudades –con muchos habitantes acostumbrados a estilos de vida muy demandantes de bienes y servicios- tendrán huellas ecológicas mayores que los poblados rurales que cuentan con menos habitantes y que muchas veces no tienen los servicios más elementales (Figura 1.3).

¿De qué magnitud es la huella ecológica mundial?

La huella ecológica de cada ser humano, calculada para el año 2003, fue de 2.2 hectáreas. Sin embargo, nuestro planeta tan sólo es capaz de otorgar a cada uno de sus habitantes cerca de 1.8 hectáreas. Esta diferencia, lo que nos indica, es que cada uno de nosotros utiliza más espacio para cubrir sus necesidades de lo que el planeta puede darnos. Si sumáramos las huellas ecológicas de cada uno de los habitantes del planeta en el 2003, el resultado nos diría que hubiéramos requerido 1.25 planetas como el que tenemos para satisfacer las necesidades de todos en ese año (Figura 1.4). Todo lo anterior puede traducirse en que el uso que hacemos del medio ambiente y de sus recursos naturales no es sostenible.

La huella ecológica mundial actual ha crecido de manera importante si la comparamos con el valor calculado cuatro décadas atrás. En el año 2003 la humanidad necesitaba cerca de 14 mil 100 millones de hectáreas –que equivalían a 1.25 planetas Tierra- para cubrir sus necesidades, mientras que en 1961 este valor estaba en cerca de 4 mil 500



La huella ecológica mundial creció cerca de 310% entre 1961 y el año 2003.

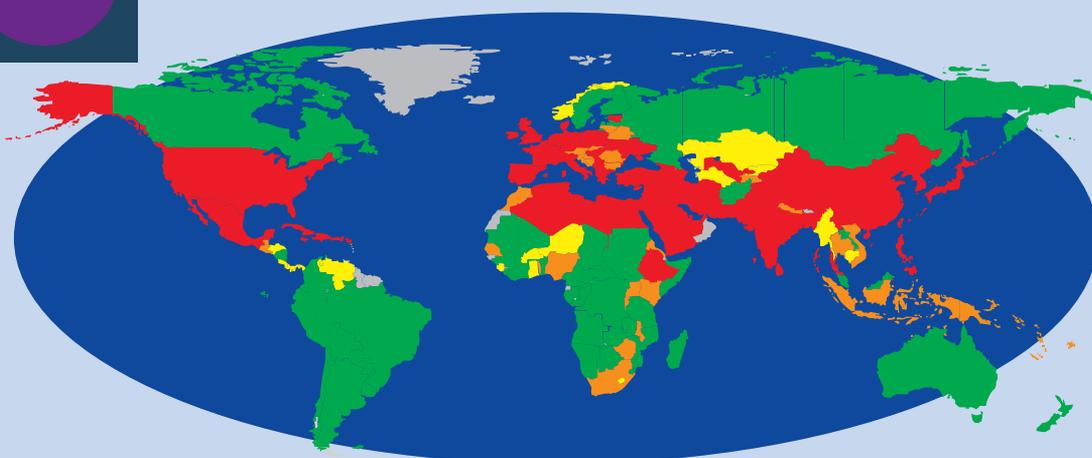
millones de hectáreas –es decir, medio planeta Tierra-, lo cual corresponde a un crecimiento de cerca de 310% entre ambas fechas.

La huella ecológica también puede ser calculada para cada país en función de sus necesidades y de los recursos naturales que posee. Con base en ello, podemos saber cuáles países tienen un “déficit” en su huella ecológica –es decir, la superficie que requieren para satisfacer sus necesidades es mayor que la que pueden ofrecer sus territorios- y aquellos que todavía tienen “crédito” natural o ecocrédito –la superficie necesaria para abastecer a sus ciudadanos es menor a la que le brinda su territorio-. En la Figura 1.5 se han clasificado a los

países según si éstos tienen un “déficit o crédito” respecto a su huella ecológica. Los países con las mayores huellas ecológicas en el mundo en 2003 fueron los Emiratos Árabes Unidos (11.9 hectáreas por persona), los Estados Unidos (9.6), Finlandia y Canadá (ambos con 7.6) y Kuwait (7.3). Notarás que, en general, los países industrializados –como los Estados Unidos o los países europeos- y aquellos con un gran crecimiento económico –como China o la India- tienen las huellas ecológicas más altas –con fuertes déficits-, mientras que los países en desarrollo –como los de Sudamérica o África, muchos de los cuales tienen una importante proporción de su población en condiciones de pobreza- tienen aún un gran “crédito” natural. Como ya habrás notado, México también tiene un déficit importante con respecto a su huella ecológica, pero hablaremos de ello con mayor profundidad en la siguiente sección.

1.5

Países con crédito y con déficit en su huella ecológica en 2003



La Huella Ecológica de los países en relación a su biocapacidad

Déficit

- Huella mayor a 50% por encima de la biocapacidad
- Huella entre 0-50% por encima de la biocapacidad

Ecocrédito

- Biocapacidad entre 0-50% mayor que la huella
- Biocapacidad superior a 50% por encima de la huella
- Datos insuficientes

¿Cómo usamos los mexicanos el medio ambiente?

En México tampoco usamos adecuadamente nuestro espacio natural. La huella ecológica calculada en 2003 fue de cerca de 2.6 hectáreas por persona, es decir, 0.9 hectáreas más que las que nos corresponden, por las características de nuestro territorio, a cada uno de nosotros. Estamos en el grupo de países con déficit de huella ecológica y ocupamos el lugar 46 entre las mayores huellas ecológicas en el mundo. Estamos incluso por arriba del valor mundial el cual, como se ha mencionado anteriormente, asciende a 2.2 hectáreas por habitante.

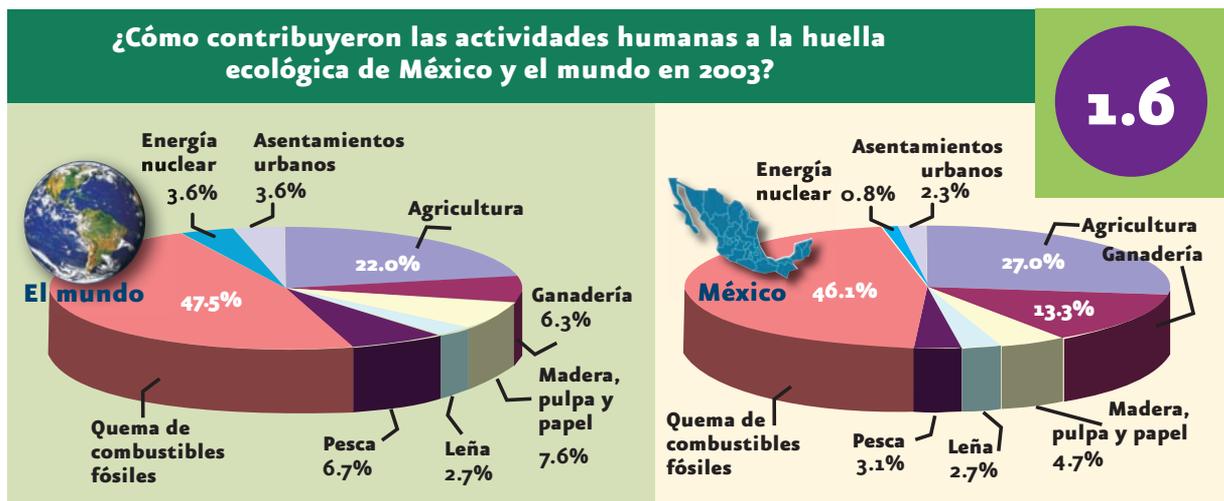
Aunque no se ha medido la huella ecológica de las grandes ciudades mexicanas –a la fecha tan sólo se han calculado en Canadá–, seguramente son también muy grandes. Los impactos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, por ejemplo, van mucho más allá de sus límites geográficos. Se abastece del agua procedente de los estados de México, Guerrero y Michoacán, y desaloja sus residuos a través de las corrientes fluviales a los estados de Hidalgo y Veracruz. La electricidad que utiliza la “megalópolis” se genera en zonas tan remotas como Chiapas

y en ella se comercializa más de 30% de la producción hortofrutícola nacional, además de que su industria y transporte consumen cerca de la cuarta parte de los combustibles fósiles del país. Podemos imaginar la magnitud de la huella si tomamos en consideración que en la ciudad habitan cerca de 19 millones de personas (18.2% de la población total del país) en tan sólo 0.25% del territorio nacional.

La huella ecológica de México es la 46 a nivel mundial.

¿Cuáles son las actividades que contribuyen más a nuestra huella ecológica?

Al calcular la huella ecológica, es posible conocer la magnitud con qué cada actividad contribuye a determinar su tamaño. Sabemos que a nivel mundial la superficie necesaria para la captación o secuestro del bióxido de carbono (CO₂) producido por la quema de los combustibles fósiles, el gas natural y el carbón, es el rubro que más aporta a la huella ecológica, demandando poco más de 47% de la superficie total requerida para cubrir

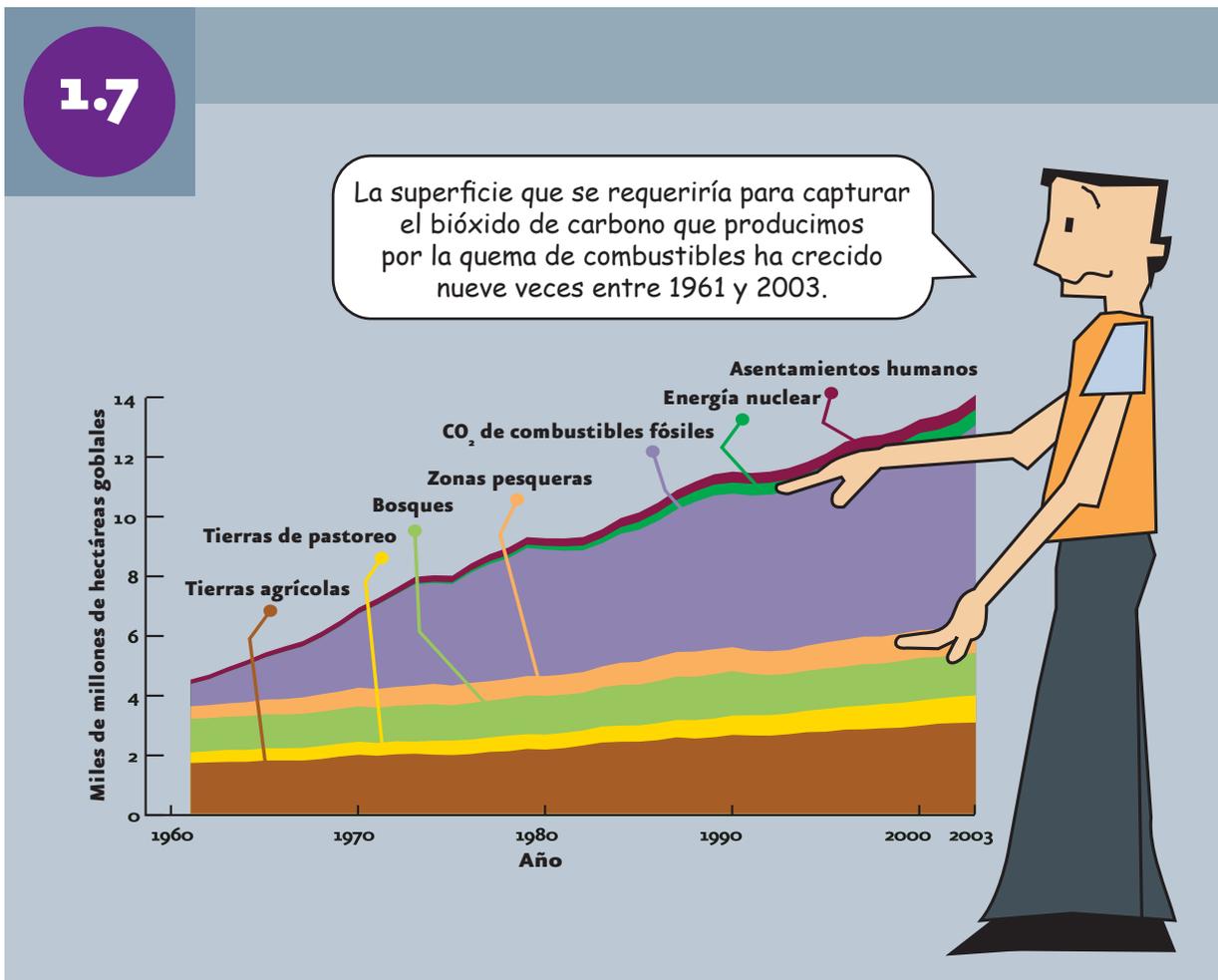


nuestras necesidades (Figura 1.6). Esta captación o secuestro del CO₂ la realizan principalmente los bosques y los océanos –aun cuando la contribución de estos últimos no se contabiliza en la huella ecológica-, lo que evita que todo ese gas se concentre en la atmósfera y se exacerbe el llamado “efecto invernadero”. Si deseas saber más acerca de este efecto y del cambio climático, consulta la sección de Cambio climático y ozono.

La superficie requerida para el secuestro del CO₂ es el componente de la huella ecológica que ha tenido el mayor crecimiento en el mundo: ¡entre 1961 y el año 2003 creció más de 9 veces! También en México, este rubro es el más importante,

contribuyendo con cerca de 46% al valor de nuestra huella ecológica. En la Figura 1.7 puedes apreciar cómo ha cambiado la contribución de las distintas actividades humanas a la huella ecológica mundial entre 1961 y el año 2003.

A la captación del CO₂ le sigue en su contribución a la huella ecológica, tanto en México como en el mundo, la superficie que requiere la agricultura –que asciende a cerca de 27 y 22%, respectivamente-. La ganadería es la tercera actividad que más contribuye a la huella ecológica nacional (13%) y le sigue la superficie que necesitamos para la extracción de madera para producir pulpa y papel, con cerca de 5% (Figura 1.6).



¿Cómo pueden mantenerse las sociedades modernas con una huella ecológica tan grande?

Posiblemente te preguntarás cómo es posible que la humanidad teniendo una huella ecológica tan grande –es decir, en la que nuestras necesidades sobrepasan con mucho las capacidades del planeta- pueda seguir desarrollándose y aún tener planes de crecimiento.

Pues bien, los bosques y selvas del planeta, así como sus recursos pesqueros y otros tantos, están en constante renovación. Cuando un bosque o selva se desmonta, si las condiciones son las adecuadas, comienza de manera inmediata su regeneración. Nuevos árboles reemplazarán a los anteriores y, al cabo de un tiempo determinado, la superficie boscosa se desarrollará de nuevo. En el caso de las pesquerías, si las poblaciones explotadas no han sido seriamente afectadas, pueden recuperarse y alcanzar, también después de un determinado tiempo, su tamaño original. Tanto en el caso de las selvas y bosques, como en el de las pesquerías, su regeneración abre la posibilidad a nuevas cosechas.

La humanidad a lo largo de su historia ha explotado intensamente los recursos acumulados durante millones de años. Muchos de ellos tienen, como ya lo hemos mencionado, la capacidad de regenerarse con cierta rapidez –los llamados recursos renovables, como los bosques o el agua-, mientras que otros –como el petróleo, el carbón y el gas natural- no se renuevan en tiempos cortos, sino requieren de millones de años para su producción –de ahí su nombre de recursos no renovables-.

La explotación excesiva que ha hecho la humanidad de los recursos naturales sólo ha sido posible por su abundancia y acumulación en el

planeta a lo largo de miles de años. Sin embargo, esta velocidad de explotación de los recursos no puede mantenerse indefinidamente; la rapidez con la cual se recuperan muchos recursos –los pesqueros, por ejemplo-, es mucho menor que la rapidez con la que los consumimos. Esto, puesto en otras palabras quiere decir que un buen día se agotarán para siempre.

Existen muchos casos documentados de recursos que muestran claras evidencias de agotamiento o de que éste será inevitable en las próximas décadas. Dentro de estos, el del petróleo es quizá el más emblemático; actualmente las reservas de este recurso para muchos países son ya reducidas, lo que ha llevado a la necesidad de plantear la búsqueda de recursos alternativos que lo reemplacen. Incluso, los datos que hemos revisado de la huella ecológica nos señalan que, de seguir su consumo como hasta ahora, no tendremos suficiente superficie para absorber la enorme cantidad de CO₂ liberado que produce su uso, lo que podría conducir a su acumulación en la atmósfera y al aumento de los efectos del llamado “calentamiento global”.

No todas son malas noticias. Actualmente existe gran conciencia de esta problemática. Los gobiernos, las sociedades civiles, los grupos independientes organizados y las instituciones internacionales han desarrollado importantes campañas de información y alerta acerca de las consecuencias del mal manejo de los recursos naturales, así como de las posibles soluciones. En muchos países se han dado ya muchos pasos encaminados, finalmente, a reducir las huellas ecológicas nacionales y de cada uno de nosotros. Este es, sin duda, uno de los más grandes retos que enfrentamos hoy día. En la medida que ocupemos de manera inteligente nuestros recursos podremos garantizar el bienestar y el crecimiento de nuestras sociedades. De otra manera, nuestro futuro puede ser incierto.

La reducción de la huella ecológica es una tarea de todos. Tú también puedes colaborar con tu granito de arena para conseguirlo. A lo largo de los capítulos de este libro encontrarás una sección que hemos llamado *¿Qué puedo hacer...?*

en la que se han incluido un conjunto de acciones que te permitirán reducir tu impacto sobre los ecosistemas. Si sigues esas recomendaciones y las difundes entre tu familia y amigos, colaborarás sin duda para conseguir un mejor ambiente.

¿Qué puedo hacer...?

Conoce la magnitud de tu huella ecológica

Si quieres conocer de qué magnitud es tu huella ecológica, te recomendamos visitar la dirección electrónica:

<http://www.earthday.net/footprint/index.asp>



Lecturas y páginas de internet recomendadas

WWF-México. La huella ecológica ¿cuánto necesitas para vivir y cuánto usas? 2004.

Disponible en:

http://www.wwf.org.mx/wwfmex/he_cuestionario.php



Bibliografía



FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005*. Roma. 2005.

Goñi, R. Ecosystems effects of marine fisheries: an overview. *Ocean & Coastal Management* 40: 37-64. 1998.

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

Leakey, R. y R. Lewin. *La sexta extinción*. Colección Metatemas. Tusquets. España. 1997.

Semarnat. *Informe de la situación del medio ambiente en México*. *Compendio de Estadísticas Ambientales, 2005*. México. 2006. Disponible en:

<http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>

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

Pérdida y alteración de los ecosistemas



Pérdida y alteración de los ecosistemas

¿Qué son y para qué nos sirven los ecosistemas?

Muy probablemente cuando has salido de tu ciudad a otro destino, o gracias a los programas de televisión dedicados a la naturaleza, habrás conocido la gran diversidad de ecosistemas que existen en tu región, en México o en el mundo. Seguramente habrás visto o escuchado sobre las selvas, los bosques o los desiertos en las zonas terrestres, así como sobre los arrecifes de coral y los ecosistemas de las profundidades en los océanos y mares.

Los ecosistemas son los reservorios de la enorme diversidad de especies que encontramos en el planeta. Las casi dos millones de especies que los biólogos han descrito hasta el momento están repartidas entre ellos: algunos con cientos o miles de especies, como las selvas húmedas, los bosques nubosos o los arrecifes de coral, y otros con una menor cantidad de especies, como los pastizales o los ecosistemas de las dunas costeras. En todo el globo encontramos a los ecosistemas, desde las zonas más frías de las montañas y en los polos, hasta los húmedos trópicos. También los hay en los lagos, ríos y lagunas y en las cuencas oceánicas (que cubren casi 75% de la superficie del planeta), tanto en las zonas de aguas someras –como en el caso de los arrecifes de coral- o en las grandes profundidades, como en el caso de los arrecifes de aguas frías.

Los ecólogos definen formalmente a los ecosistemas como el conjunto de poblaciones de diferentes especies que cohabitan en un sitio, que interactúan entre sí y con el ambiente físico y químico en el que se desarrollan. Si alguna vez visitaste un lago natural, te habrás dado cuenta de que en él habitan distintas especies de plantas,

animales y microorganismos, y que sobreviven en un ambiente con una temperatura y química del agua particulares y con cierto grado de transparencia; todas esas especies y condiciones hacen que ese lago sea en sí, un ecosistema. Así como éste, podríamos describir una variedad enorme de ecosistemas en el mundo.

Los seres humanos somos una especie más en el planeta, por lo que hemos dependido –y lo seguiremos haciendo- de los ecosistemas para satisfacer nuestras necesidades. Quizá no te hayas dado cuenta de ello, lo cual podría ser resultado de que muchos de nosotros nos sentimos cerca de la naturaleza tan sólo cuando miramos en la televisión programas sobre animales o ecosistemas particulares o cuando salimos a pasear por el campo. No obstante, es fácil demostrar hasta qué punto dependemos de los ecosistemas naturales.

Echa una ojeada a tu alrededor. Ya sea que estés en casa, en la escuela o el trabajo, verás que los artículos que tienes cerca están fabricados con papel, madera o telas; si vuelves a mirar, seguramente te fijarás en las plantas que decoran el lugar o quizá en las mascotas que tienes. Pues todo ello, materiales, plantas y mascotas, si lo piensas con detenimiento, provienen de los ecosistemas naturales. La madera con la que se fabrican los muebles y el papel, así como las fibras de las telas que se extraen de plantas como el algodón o el lino, o de animales como el gusano de la seda o los borregos, tienen su origen, quizá muchos milenios atrás, en los ecosistemas naturales. Las plantas y las mascotas también fueron, en sus orígenes, especies que formaron parte de un ecosistema natural.

Este conjunto de bienes que utilizamos cotidianamente forman parte de lo que se conoce como servicios ambientales de los ecosistemas. De

manera general, los servicios de los ecosistemas los podemos definir como los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas y de las especies que los integran (Figura 2.1). Sin embargo, los servicios ambientales no sólo incluyen a los bienes de los que hicimos mención en el párrafo anterior, sino también a otro conjunto de servicios -menos conocidos, pero no menos valiosos- que también usamos día con día sin darnos cuenta. Por ejemplo, los ecosistemas también nos ayudan a regular el clima. Los árboles de un bosque o una selva, gracias a la sombra que producen y a que a través de sus hojas transpiran una gran cantidad de agua, mantienen temperaturas agradables y niveles de humedad que no veríamos en su ausencia. Es por ello que los sitios sin árboles, o aquéllos en los que han sido removidos por la deforestación, por ejemplo, son más calientes y secos en comparación a los que aún conservan su cubierta vegetal.

También destacan entre estos servicios los de purificación del agua y aire. Muchas plantas acuáticas son capaces, cuando están en contacto con las aguas residuales que salen de nuestras ciudades, de extraer de ellas sus contaminantes, lo

que se traduce, al final, en aguas más limpias que corren por los ríos y pueden ser reaprovechadas en otro momento. Podemos también citar como servicios ambientales el mantenimiento de la fertilidad del suelo, el control de las inundaciones, de plagas y enfermedades y el mantenimiento de la biodiversidad, entre otros. No debemos olvidar que los ecosistemas también ofrecen los llamados servicios culturales, entre los que contamos los que ofrecen como elementos espirituales y religiosos para algunas culturas, de recreación o, simplemente, por servir para el deleite de todos nosotros por la belleza del paisaje que ofrecen.

La naturaleza nos provee gratuitamente de todos estos bienes y servicios. No obstante, a muchos de ellos les podríamos adjudicar un valor económico. En el caso de los bienes, ponerles precio podría resultar muy sencillo, ya que casi todas las materias primas tienen un precio en el mercado -por ejemplo, la madera, las fibras, los alimentos, etc.-; sin embargo, en el caso de los servicios ambientales es una tarea muy compleja: ¿te imaginas como podrías valorar en dinero el mantenimiento de la biodiversidad o el control de las inundaciones?



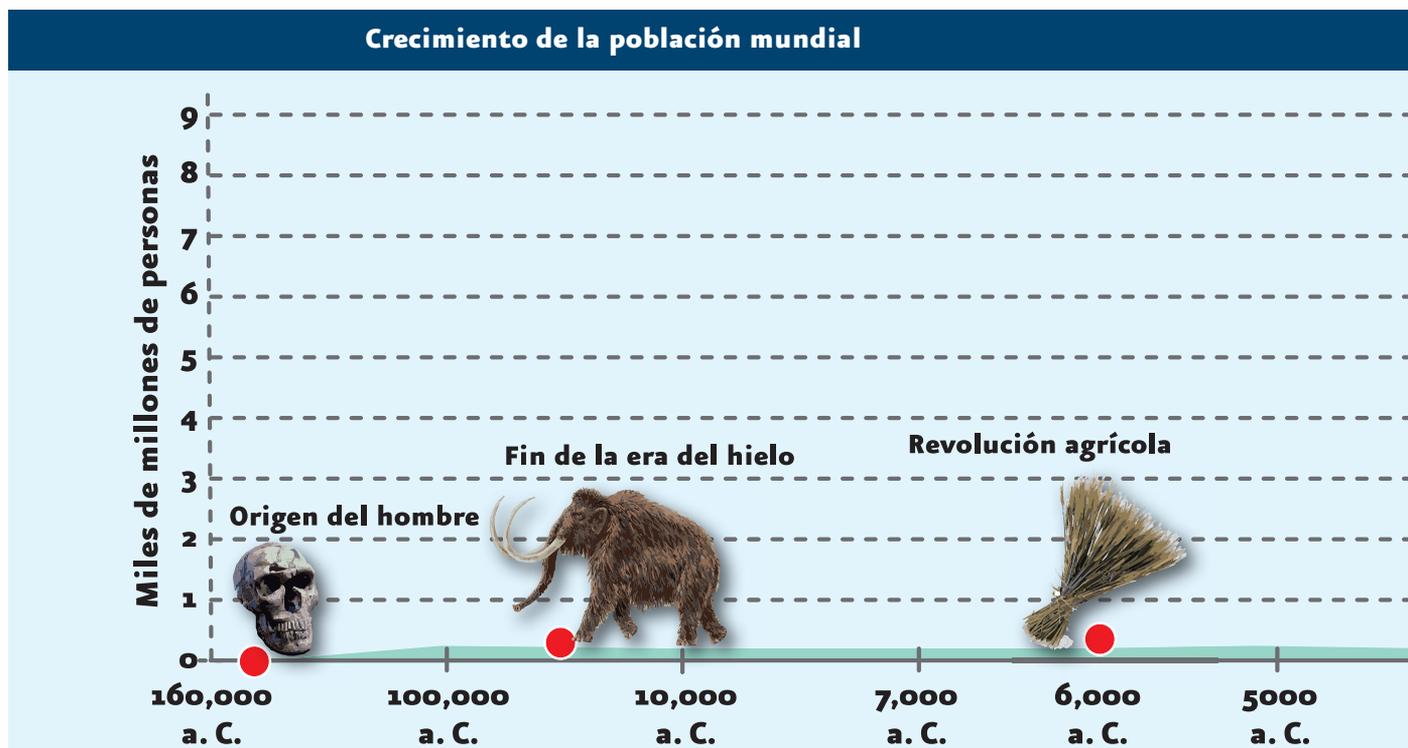
Fijarle precio a los servicios ambientales, es como calcular cuánto nos costaría reproducirlos con la tecnología que poseemos. A pesar de lo compleja que pueda parecer esta labor de cálculo, los científicos la han intentado, y los resultados son sorprendentes. Se ha calculado que el valor de los servicios que producen los ecosistemas anualmente en el mundo oscila entre los 16 y los 54 trillones de dólares, esto es, ¡un 16 o un 54 seguido por 18 ceros! Estas cifras son estimaciones, pero nos dan una idea aproximada de la utilidad y el valor de los ecosistemas en el planeta. Estas estimaciones equivalen entre 25 y 83% del valor total de los productos que se fabricaron en el mundo durante el 2006 o, dicho en términos económicos, del producto interno bruto (PIB) de todos los países en ese año. En la Figura 3.12 del capítulo de *Biodiversidad* hemos incluido el valor económico de algunos de los ecosistemas en el mundo.

Con lo que hemos revisado hasta aquí te podrás dar una idea más completa del porqué debemos

estar conscientes de todo lo que obtenemos de los ecosistemas, así como de la importancia de cuidarlos y mantenerlos en funcionamiento. También debemos reconocer que, a pesar de los avances de la ciencia y la tecnología, no tenemos, en muchos casos, los conocimientos ni la tecnología para intentar reproducir lo que los ecosistemas hacen naturalmente. Esto sin considerar el enorme esfuerzo humano y de inversión económica indispensables para conseguirlo. Por tanto, la mejor estrategia, y más barata, es conservarlos en buen estado. Para que te des una mejor idea de qué ha pasado cuando hemos intentado replicar los ecosistemas terrestres, puedes consultar el recuadro *Proyecto Biosfera 2: un miniplaneta poco funcional* en el capítulo de *Biodiversidad*.

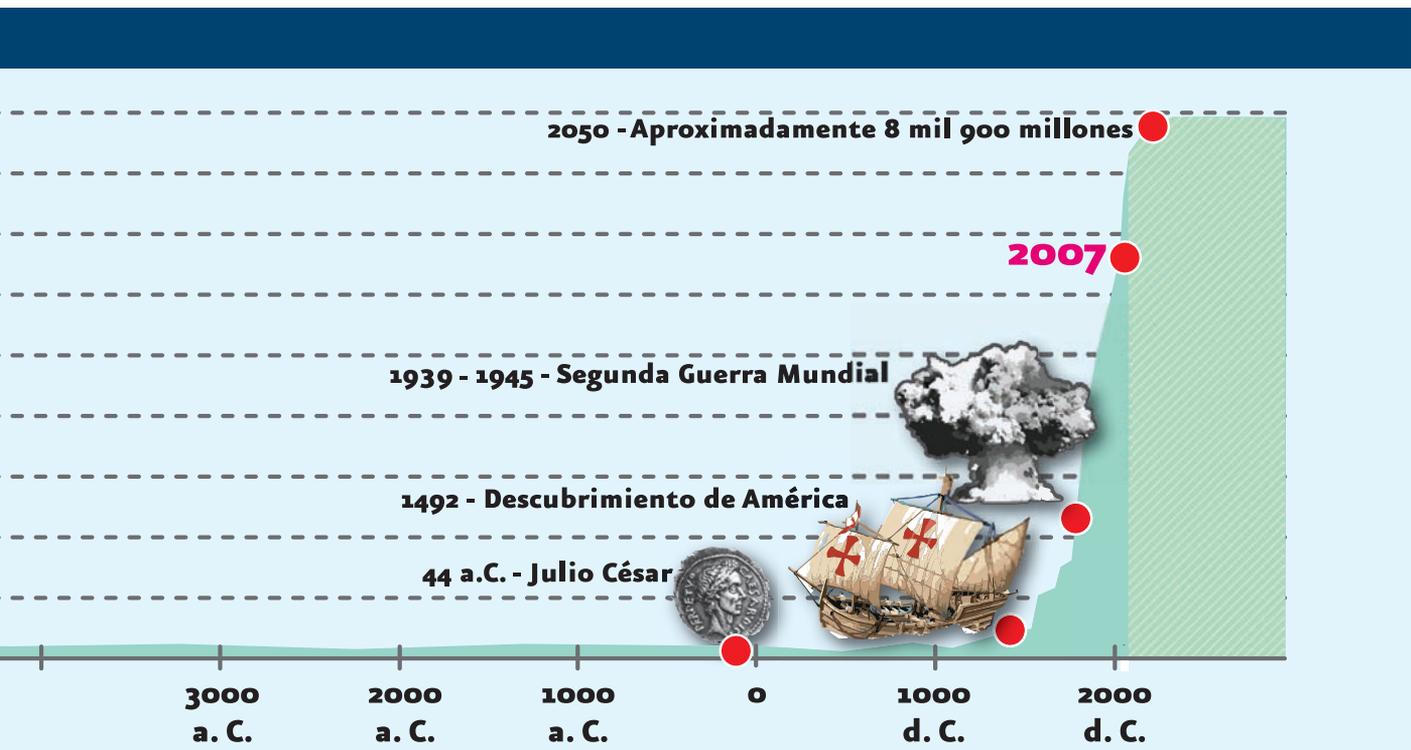
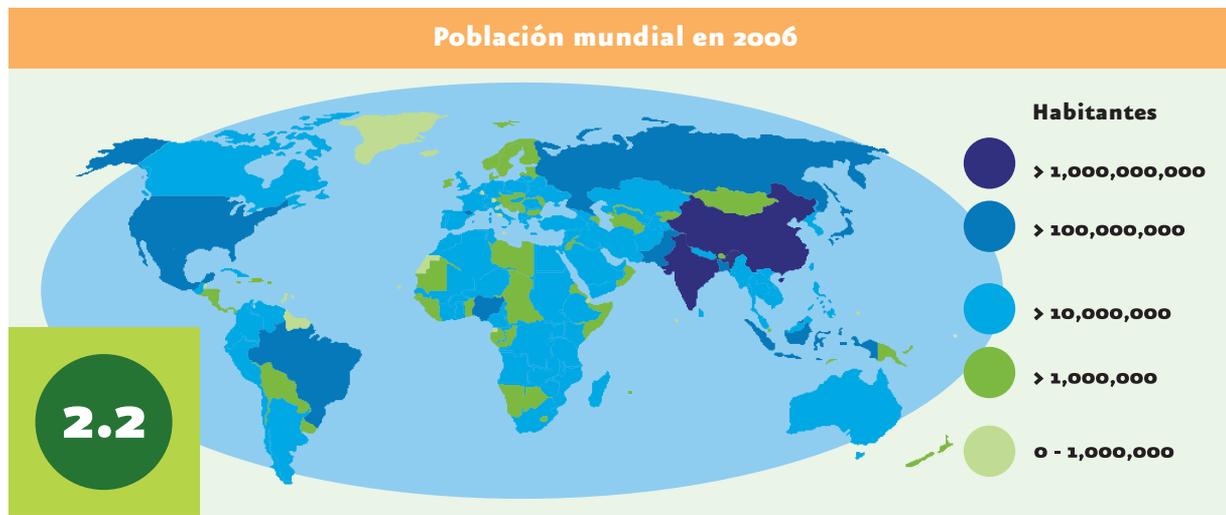
¿Estamos perdiendo los ecosistemas naturales?

Para cualquiera de nosotros es claro que ya somos muchas personas habitando el planeta. Lo habrás notado al caminar por el centro de tu ciudad en un domingo, al viajar en el transporte público, o



simplemente, al salir de descanso a la playa durante algún periodo vacacional. En efecto, la población del mundo ha crecido sorprendentemente. Desde los orígenes de nuestra especie (los cuales los científicos datan en cerca de 160 mil años atrás) hasta 1492, el año en el que Cristóbal Colón llegó a América, la población mundial no sobrepasó los 500 millones de personas. Para el término de la Segunda Guerra Mundial en 1945, habíamos

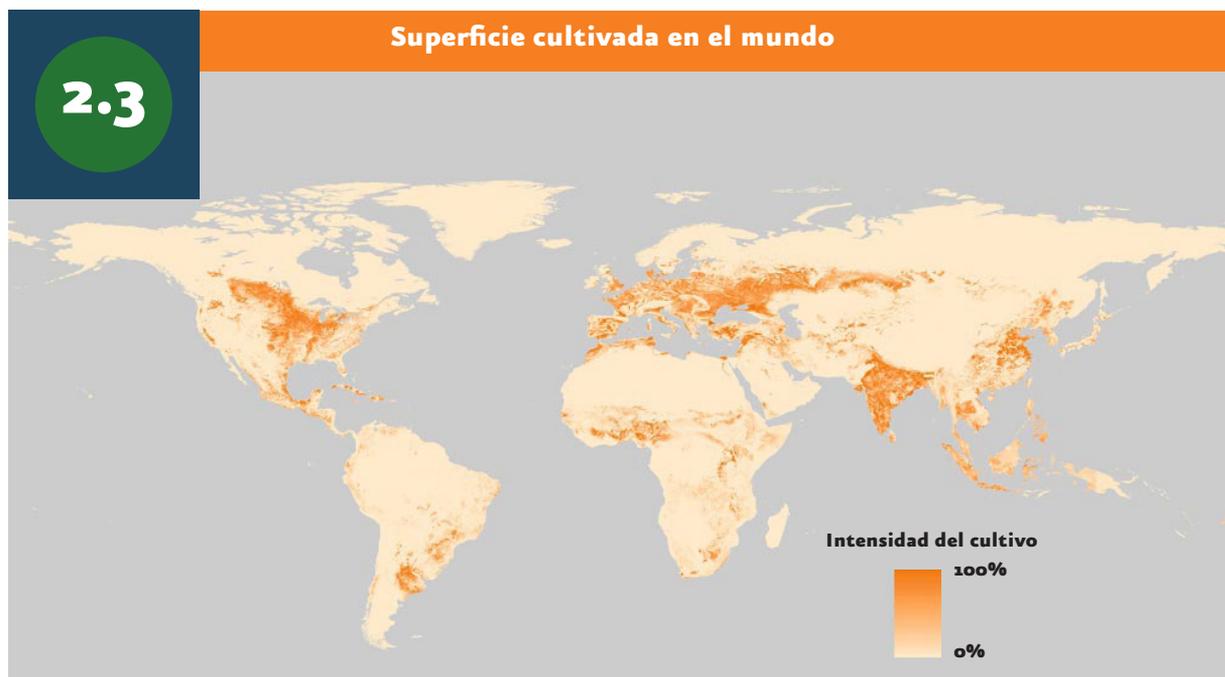
rebasado los 2 mil millones de personas y tan sólo 50 años más tarde sumábamos 6 mil 400 millones. Esto quiere decir que nos tomó 10 mil generaciones alcanzar los 2 mil millones de habitantes y tan sólo un par de ellas para pasar de 2 mil a 6 mil millones de personas. Y según lo calculan los expertos, no pararemos ahí: ¡podríamos todavía crecer hasta cerca de los 9 mil millones para mediados de este siglo! (Figura 2.2).



El crecimiento demográfico ha sido el principal motor de presión sobre los ecosistemas naturales. Y esto porque para poder satisfacer las necesidades de poblaciones cada día más grandes, ha sido necesario que explotemos más intensamente los ecosistemas. Para abastecer la creciente demanda de los granos que han constituido el alimento básico de muchas culturas desde los albores de la civilización, ha sido necesario sembrar cada vez mayores superficies de tierra, ello a costa de sacrificar terrenos que anteriormente ocupaban bosques, selvas, humedales o matorrales. Se calcula que aproximadamente 24% de la superficie terrestre está ocupada hoy día por tierras de cultivo y que tan sólo cuatro gramíneas (cebada, maíz, trigo y arroz) ocupan cerca de 40% de la superficie agrícola total (Figura 2.3). De igual modo, para abastecernos de carne, leche y pieles hemos transformado para la cría del ganado superficies naturales a pastizales, contabilizando en la actualidad entre 6 y 8% de la superficie terrestre del planeta.

Los lugares que ocupamos para vivir también han crecido. Con mucha seguridad tus padres y abuelos recuerdan como los pueblos y ciudades donde vivían quizás estaban rodeados por campo y no por las zonas urbanas que pueden ver hoy día. En efecto, dejamos los pequeños poblados para transformarlos en grandes urbes que, en muchos casos (como Tokio, la Ciudad de México, Sao Paulo, Nueva York y Seúl, todas con más de 19 millones de habitantes en 2005) ocupan extensas superficies y demandan no menos recursos para mantenerse.

En 1900, en las áreas urbanas vivían cerca de 200 millones de personas que, para el año 2000, ya eran cerca de 2 900 millones –las ciudades con un millón o más de habitantes pasaron entre las mismas fechas de ser 17 a 388-. El área que ocupan en el planeta las zonas urbanas es en realidad pequeña (tan sólo 2.8% de la superficie terrestre) si consideramos que son habitadas por cerca de la mitad de la población mundial.



Entre la tercera parte y la mitad de la superficie terrestre del planeta ha sido transformada por la acción humana.

Las fuentes de agua dulce no han estado ajenas a este acelerado crecimiento. Si vives en una gran urbe o en un remoto poblado del campo, seguramente sabes lo difícil que es gozar de manera continua de agua limpia para beber y asearte: quizás tengas que caminar muy lejos a un pozo o río, o esperar mucho tiempo a que las pipas lleguen a surtirla. Para saciar la sed y las crecientes necesidades de agua de las personas y la industria, hemos usado las aguas superficiales (como ríos, lagos y lagunas) y las fuentes subterráneas (los acuíferos), y en algunas ocasiones de manera muy intensa.

Para que te des una idea de la sed de la sociedad moderna, podemos decir que empleamos cerca de 60% del agua que corre actualmente por los ríos del mundo para cubrir una parte de nuestras necesidades del líquido, lo cual ha tenido en muchos casos importantes consecuencias ecológicas para los ecosistemas acuáticos.

Un ejemplo de la explotación desmedida de los cuerpos de agua la tenemos en México. El lago de Chapala, ubicado en los estados de Jalisco y Michoacán, es el cuerpo de agua natural más grande del país. En sus riberas se hallan tulares y otros ecosistemas en los que predominan ahuehuetes y sauces y sirve, además, como estación de paso para distintas especies de aves migratorias de Norteamérica. Sin embargo, el lago ha sufrido desde el siglo pasado de severos problemas de reducción de su volumen, principalmente por la extracción del agua para alimentar a la zona

conurbada de Guadalajara y por la reducción del caudal de agua que lleva el Río Lerma, que por cierto, desemboca en el lago.

Para darte algunos datos de la crisis del agua en el Lago de Chapala, podemos decirte que en junio de 1955 se registró la menor capacidad de almacenamiento del lago (con cerca de 954 millones de metros cúbicos), es decir, casi seis veces menos que su almacenamiento promedio. En la Figura 2.4 podrás ver cómo el volumen y por consiguiente, la superficie del lago, pueden variar entre dos años distintos, en este caso, entre 1986 y 2001.



RECUADRO

Los humedales: riqueza natural que desaparece

Los humedales son los ecosistemas en los que el agua es el elemento más importante del ambiente y el que mayor influencia tiene sobre su flora y fauna. Ejemplos de humedales son los manglares, ciénagas, turberas, marismas y esteros. Se distribuyen prácticamente sobre todo el planeta, a excepción de la Antártica, en todos los climas: desde la tundra hasta los trópicos, tanto en las zonas costeras como dentro de los continentes.

Aunque no sabemos con exactitud qué superficie cubren estos ecosistemas en el planeta, se calcula que cubren entre 5.3 y 12.8 millones de kilómetros cuadrados, es decir, entre 4 y 9% de la superficie terrestre. Los humedales proveen de muchos e importantes servicios ambientales: alojan a un gran número de especies importantes para el hombre, purifican y mejoran la calidad del agua, ayudan a evitar inundaciones, sirven de barrera para mitigar los efectos de eventos meteorológicos extremos -como los huracanes- y capturan también una importante cantidad de carbono atmosférico.

Sin embargo, los humedales también han sufrido el impacto del crecimiento de la sociedad mundial. Se estima que la mitad de la superficie original de humedales en el mundo se ha perdido, y de los que restan, una parte considerable se encuentra deteriorada. Las principales amenazas a los humedales, además de que se cambien para usos agrícolas o ganaderos -que ha sido la principal causa de su pérdida-, radican en las actividades que afectan tanto la cantidad de agua que requieren para funcionar, como su calidad. Entre las actividades que más afectan la reserva de agua de los humedales



**Los humedales son muy diversos:
los hay costeros, de aguas
salobres o continentales.**



destacan la modificación de los cursos de agua, la extracción para el consumo humano, el relleno con tierra u otros materiales y la construcción de presas y diques, mientras que la descarga de aguas residuales, tanto domésticas, agrícolas e industriales, es el principal factor que afecta su calidad. Aunado a ello, deberemos sumar el efecto del cambio climático en el futuro: la elevación del nivel del mar podría dañar irreversiblemente a los humedales costeros, cambiando su composición de especies y reduciendo su productividad.

En México, los humedales están presentes en las zonas continentales y en las costas. Nuestra riqueza es enorme: poseemos manglares, popales, tulares y ciénegas, entre tantos otros. Podrías admirar su belleza en reservas como las de los Pantanos de Centla, en Tabasco, en las distintas lagunas y lagos de Michoacán, o en la zona costera de Nayarit. Sin embargo, las actividades agropecuarias, el crecimiento de las zonas urbanas y turísticas, la extracción de agua y la contaminación con aguas

domésticas e industriales, han mermado esta riqueza natural. Muchos de ellos se han perdido -por ejemplo en el caso de los manglares, se estima que en México tan sólo queda 64% de la cubierta original- mientras que otros están degradados y seriamente amenazados por la mano del hombre.

Se estima que hemos perdido cerca de la mitad de los humedales mundiales.

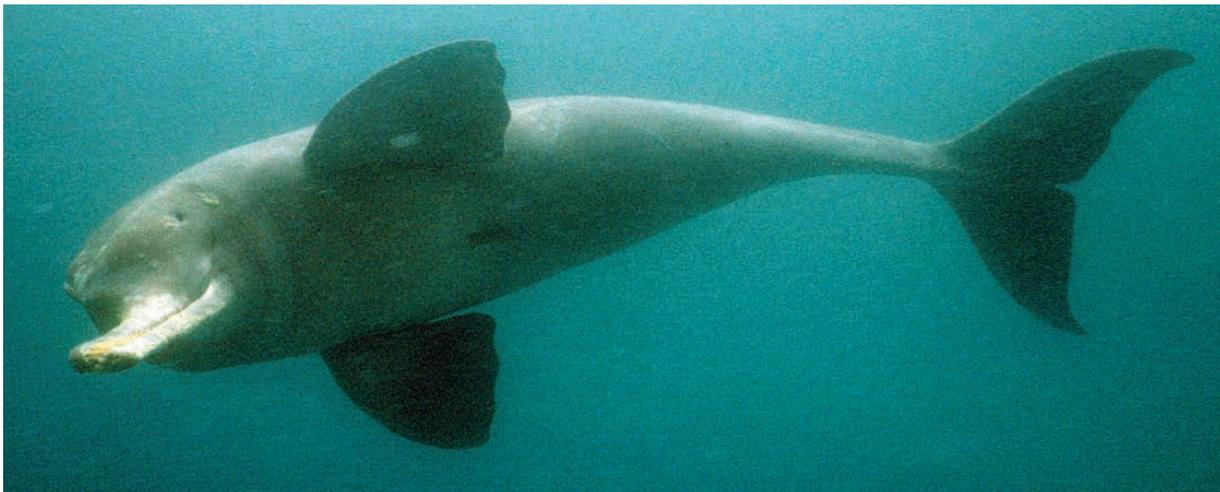


Aunque el crecimiento de la población ha sido el motor de cambio más significativo en los ecosistemas naturales, de él se derivan otros factores que también son importantes. A la par de una creciente demanda por recursos naturales y del cambio de los ecosistemas a zonas agropecuarias o urbanas, también nuestras actividades han provocado que mayores cantidades de contaminantes y residuos deterioren el ambiente. La quema de combustibles fósiles que empleamos para los vehículos de motor y las industrias (como la gasolina, diesel y carbón, por ejemplo), genera muchos contaminantes a la atmósfera; los residuos de nuestras casas, trabajos y de la industria degradan la calidad del aire, el agua y los suelos, lo que no sólo afecta la salud humana, sino también a la biodiversidad y al funcionamiento de los ecosistemas. En el capítulo de *Contaminación* te ofrecemos mayores detalles respecto a este problema.

Finalmente, el cambio climático, que hemos empezado a entender como resultado de la acumulación en la atmósfera del bióxido de carbono producto de la quema de combustibles fósiles, empieza a hacer evidente que también tiene y tendrá efectos negativos en los ecosistemas, especialmente en algunas regiones, como en los polos, donde las temperaturas registradas ahora son más altas que las de los últimos 400 años.

Como consecuencia, la extensión del hielo ártico se ha reducido entre 10 y 15% durante la primavera y el verano desde la década de los años cincuenta, lo que ha puesto a los osos polares, las focas arpa y a los zorros árticos, entre otras muchas especies de los hielos árticos, dentro de las que corren el riesgo de extinguirse en las próximas décadas.

Otros ecosistemas marinos, como los arrecifes de coral, también han sido afectados por el cambio climático. Sufren del llamado “blanqueamiento del coral” (una enfermedad que si no mata a los corales, los deja severamente lastimados), resultado del incremento de la temperatura superficial del mar y de una mayor cantidad del CO₂ disuelta en el agua —que al igual que en la atmósfera también se ha acumulado en los océanos—. Es probable que de seguir aumentando las concentraciones de este gas en nuestra atmósfera (lo que es probable de seguir utilizando el petróleo como lo hemos hecho hasta ahora), muchos ecosistemas resulten afectados seriamente por el cambio climático: algunos podrían desaparecer, como el bosque nuboso y el hielo ártico, y otros cambiar incluso su distribución sobre el planeta, como los bosques de coníferas, que podrían migrar hacia las zonas más frías. Mucha más información respecto a este fenómeno de nuestros tiempos lo podrás encontrar en el capítulo de *Cambio climático y ozono*.



Los delfines de río, como el delfín del río Ganges (*Platanista gangetica gangetica*) pueden ser particularmente vulnerables a cambios de temperatura en su hábitat.

RECUADRO

La deforestación

Uno de los problemas ambientales de los que oímos muchas noticias en la televisión o en los periódicos o revistas, además del cambio climático, es el de la deforestación. Escuchamos o leemos que cientos o miles de hectáreas de bosques o selvas se perdieron aquí o allá, o que la tasa de deforestación es de tantas o cuantas más hectáreas por año.

Pero, ¿qué es la deforestación? La deforestación es la remoción de la vegetación arbolada de un sitio, como las selvas o los bosques, para su transformación a terrenos agrícolas, ganaderos o urbanos. En el mundo y en México, la principal causa de la deforestación es la necesidad de mayores superficies para cultivo y crianza de animales, aunque también la promueven los desmontes ilegales, la extracción de madera, el crecimiento de las vías de comunicación y los incendios forestales.

Con la pérdida de las superficies arboladas, además de los daños directos que se ocasionan a las especies de animales y vegetales que habitaban en esos bosques y selvas, también se eliminan los servicios ambientales. Paralelamente, la capacidad que tenían los árboles y el resto de la vegetación natural para secuestrar el bióxido de carbono, lo cual ayuda a mitigar la saturación de la atmósfera de este gas de efecto invernadero, también se inutiliza. Para empeorar las cosas, cuando se utiliza el fuego para remover la vegetación, como sucede en algunas prácticas agrícolas (como el “roza-tumba y quema”), se liberan al ambiente grandes cantidades de carbono.

Después de la deforestación, los suelos quedan desnudos, lo que favorece la erosión y la pérdida de nutrientes.

La deforestación de la Selva Lacandona en Lacanjá, Chiapas



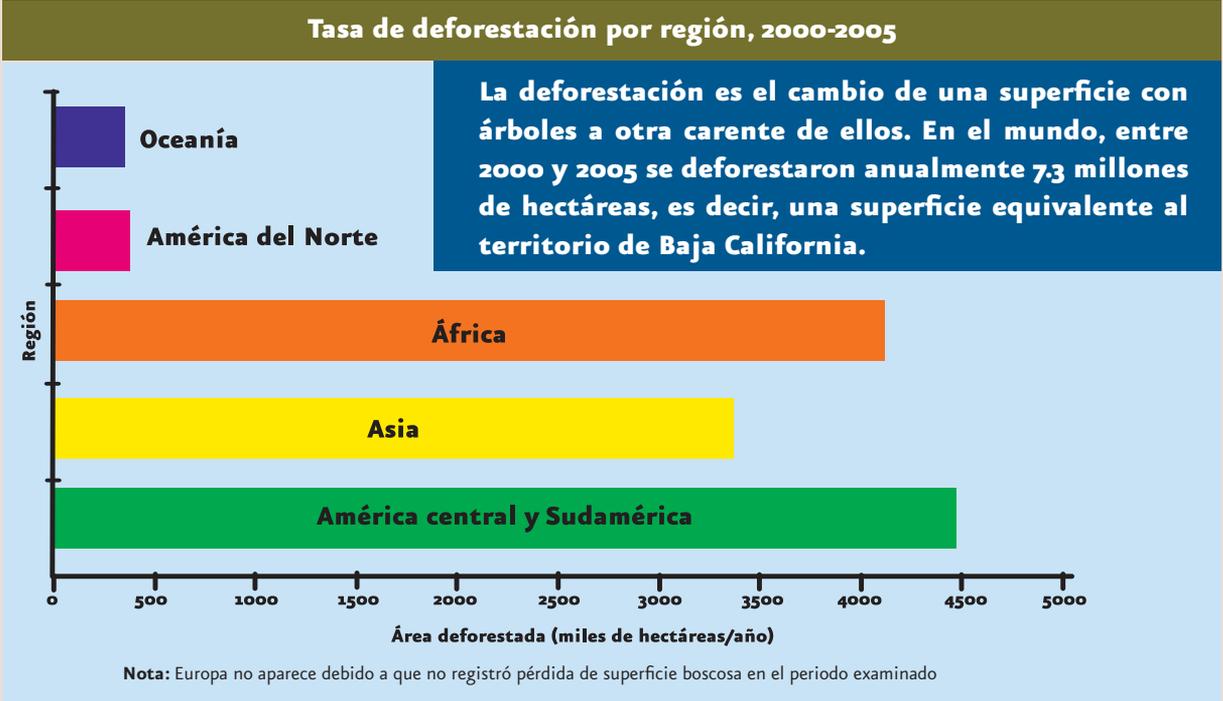


Algunas prácticas agrícolas de desmonte, como la roza-tumba y quema pueden liberar grandes cantidades de bióxido de carbono, exacerbando el problema del cambio climático.

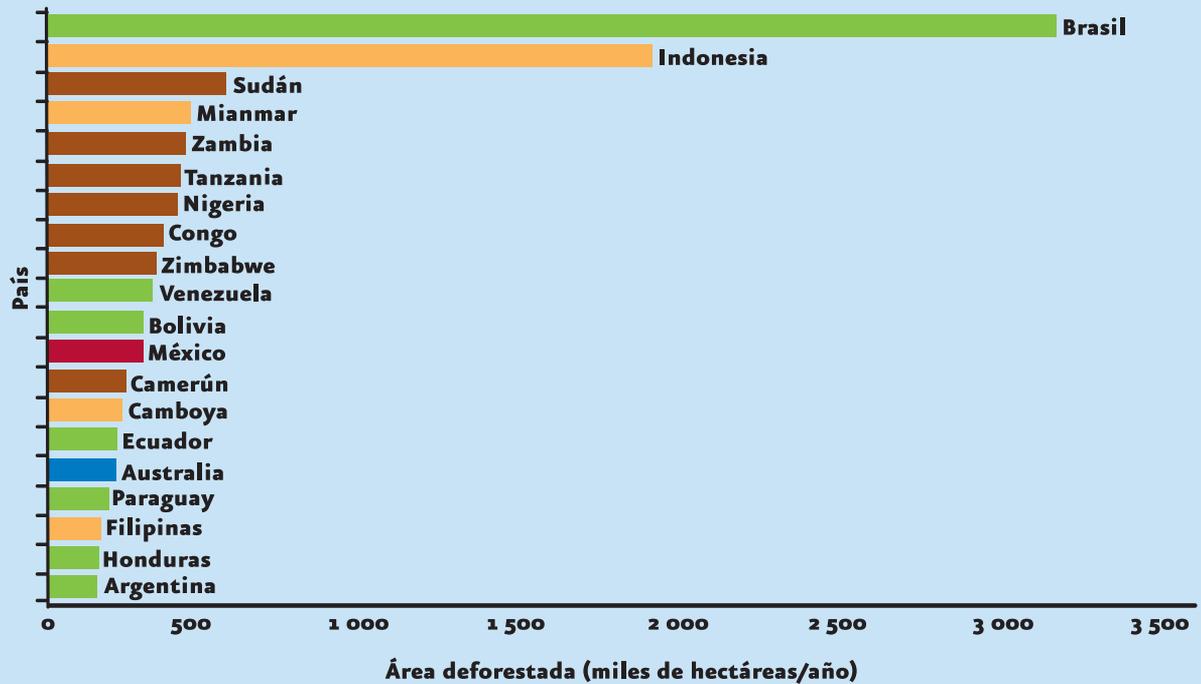
¿Cuántas hectáreas de bosques y selvas perdemos? Es probable que te hayas encontrado con cifras muy dispares de superficies deforestadas en México y el mundo. En la mayoría de los casos porque hay distintos métodos y criterios para su cálculo. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) publica periódicamente estimaciones de la deforestación en el mundo. Para el período 2000-2005, calculó que se perdían en el mundo cada año 7.3 millones de hectáreas

de bosques y selvas, lo que equivale a perder una superficie semejante al estado de Baja California. Cada año, entre 2000 y 2005 las regiones en el mundo que más deforestaron fueron América Central y Sudamérica (con cerca de 4.5 millones de hectáreas) y África (poco más de 4 millones). Si lo analizamos por países, destacaron Brasil (con cerca de 3.1 millones de hectáreas por año) e Indonesia (alrededor de 1.9 millones).

Para México, los cálculos de deforestación también muestran grandes variaciones. Las estimaciones más recientes señalan que, entre los primeros años de la década de los noventa y el año 2000, la



Países con la mayor tasa de deforestación en el mundo, 2000 - 2005



pérdida de bosques y selvas en el país estaba entre las 348 mil y las 776 mil hectáreas por año. Lo anterior señalaría que en México, en tan sólo una década, podríamos haber perdido entre 3.5 y 5.5 millones de hectáreas de superficies arboladas, es decir, una superficie que oscilaría entre la de los estados de Puebla y Sinaloa, respectivamente.

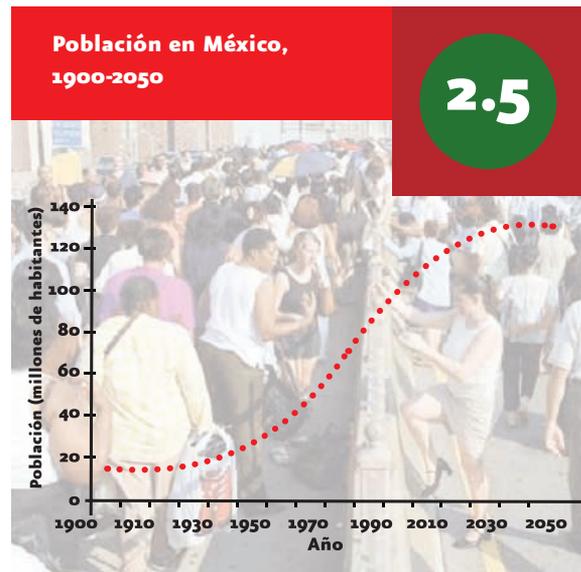
Deforestación de los bosques tropicales de Borneo después de la Segunda Guerra Mundial y hasta el año 2005



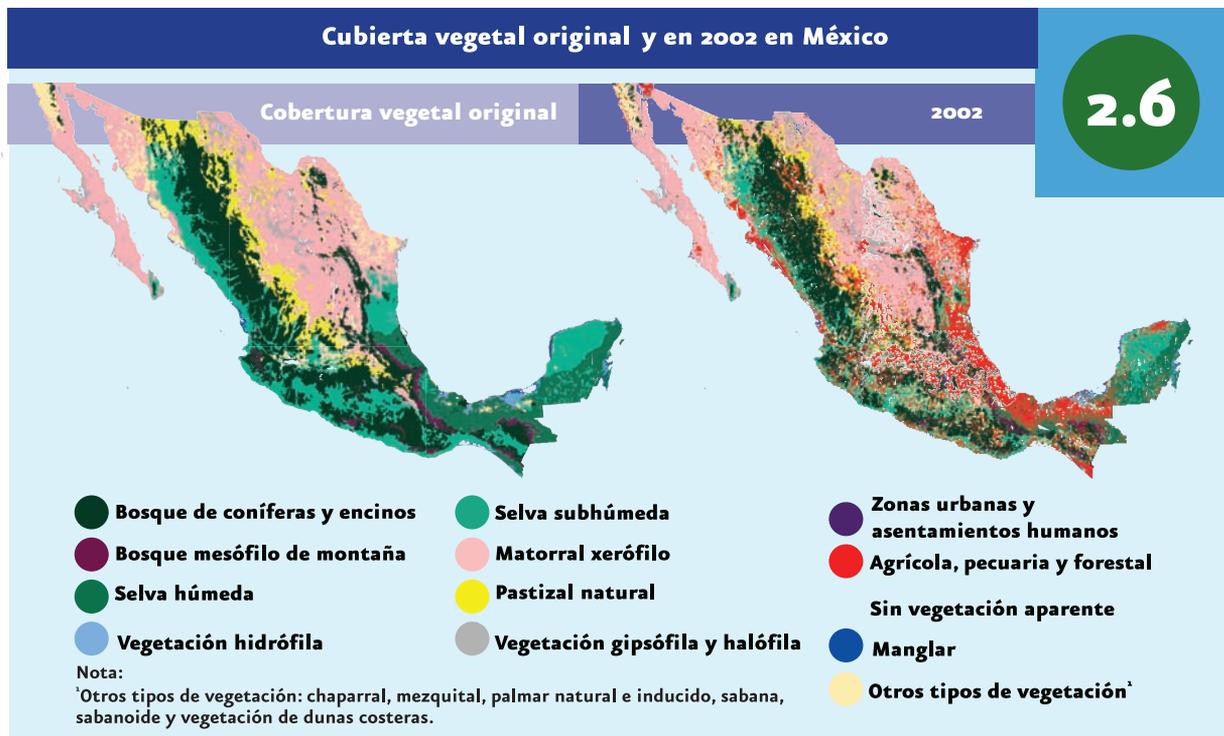
¿Y qué hay con México?

En el caso de nuestro país, la pérdida y deterioro de los ecosistemas naturales es también significativa. México es actualmente el onceavo país más poblado del mundo. Nuestra población, al igual que en el caso mundial también creció sustancialmente durante el siglo XX e inicios del siglo XXI: pasó de poco más de 13 millones en 1900 a 103.3 millones de personas en 2005 (Figura 2.5).

Para el año 2002, habíamos convertido poco más de 27% de nuestro territorio continental en zonas agrícolas, ganaderas y urbanas. En la Figura 2.6 te mostramos los cambios que han sufrido los principales tipos de vegetación: cómo ha pasado de la vegetación que podríamos encontrar en ausencia de actividades humanas hacia la que observábamos en 2002. Como podrás apreciar, los estados que más han convertido su territorio hacia zonas agrícolas y ganaderas –mostradas en rojo– son los que se encuentran en la vertiente del Golfo, como Veracruz, Tamaulipas y Tabasco; así como algunos del centro del país –Tlaxcala, Puebla



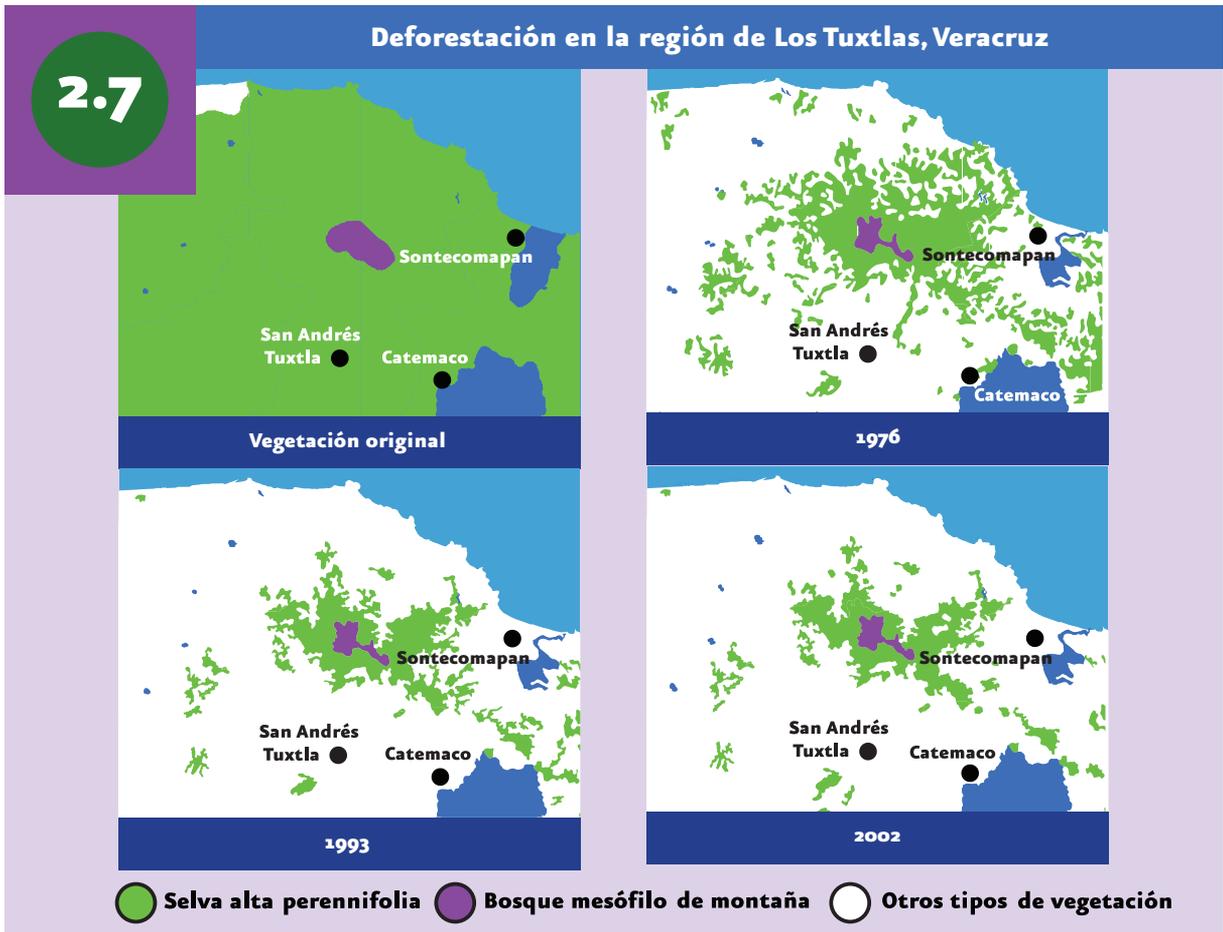
e Hidalgo-. En contraste, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Quintana Roo, Sonora y Coahuila conservan una parte importante de su vegetación natural, esto es, poseen menos de 10% de su territorio como terrenos para la agricultura, ganadería y zonas urbanas.



Con respecto a tipos de vegetación particulares, México ha perdido 26% de la superficie que originalmente ocupaban sus selvas y bosques. De las selvas tan sólo quedan en el país cerca de 56% de las originales, y en algunas zonas, su pérdida es dramática. Un caso representativo del destino que han tenido las selvas en nuestro país es el de la selva de los Tuxtlas, en el estado de Veracruz. Este lugar es el remanente de selva tropical húmeda más norteño del continente, con una combinación de flora y fauna excepcional, una área donde se mezclan especies de las zonas templadas de Norteamérica y de las regiones tropicales de Centroamérica, así como dueña de una rica variedad de especies endémicas, es decir, de especies que sólo se encuentran ahí y en ninguna otra parte del globo.

A pesar de ser una zona habitada desde hace 1500 años, fue hasta el siglo XX cuando la deforestación se intensificó por la construcción del ferrocarril y de carreteras que la comunicaron con el puerto de Veracruz y otras ciudades, y el desarrollo de actividades como el comercio de madera y la ganadería. En 2002, la selva alta y el bosque mesófilo ocupaban tan sólo 11% de su superficie conjunta original, y se encontraban en las zonas más inaccesibles de la sierra e inmersas en un mar de potreros (Figura 2.7).

México ha perdido 26% de la superficie que ocupaban originalmente sus selvas y bosques.



Los bosques templados, como los de oyamel, pino y encino, también se han perdido por completo en algunas zonas, principalmente en el centro del país. En el 2002, se había desmontado cerca de 27% de su superficie original. Por su parte, la vegetación de las zonas áridas, una de las más representativas de nuestro paisaje, conservaba para el mismo año 77% de la superficie original.

No todas las selvas, bosques y otros ecosistemas que aún podemos ver en nuestro país, están intactos. Puesto que en muchos de ellos se extraen recursos (madera, tierra de monte, ejemplares de plantas o animales, etc.) o se cría ganado están degradados o, como lo llaman los científicos, en estado secundario. Esta condición hace que

pierdan al menos una parte de la biodiversidad que podrían albergar en condiciones óptimas, así como que sean menos susceptibles a recuperarse de fenómenos naturales que los afectan, tales como huracanes, plagas e incendios, entre otros. En el mundo, la FAO considera que alrededor de 36% de los bosques remanentes están en condiciones prístinas, de los cuales cada año se pierden o alteran, desde 1990, aproximadamente 6 millones de hectáreas. En el caso de México, de las selvas remanentes sólo 35% de su superficie se considera primaria o sin deterioro evidente, 65% de los bosques, 92% de los matorrales (aunque en este caso podría ser menor el porcentaje pero es más difícil detectar si ha sufrido perturbaciones) y 61% de los pastizales.

Un ejemplo de reducción de la superficie de los ecosistemas naturales ocurre en el valle de Metztitlán, donde la vegetación de las zonas bajas, ha sido remplazada por nogales.



RECUADRO La fragmentación de los ecosistemas

Los ecosistemas se fragmentan cuando los bosques se deforestan para crear nuevas tierras de cultivo, se construye una nueva carretera o se elimina la vegetación acuática de la orilla de un río o lago para obras urbanas o comunitarias. La fragmentación es la transformación de un área relativamente homogénea de un ecosistema en otra en la que permanecen fragmentos de menor tamaño. En casos extremos, estos fragmentos pueden quedar en forma de “islas” inmersas en zonas alteradas.

La fragmentación de los ecosistemas tiene consecuencias importantes. Las poblaciones de plantas y animales pueden resultar afectadas tanto por los cambios en las condiciones ambientales de su hábitat –dado que cambian las condiciones de luz, humedad, temperatura y el flujo de nutrientes- o porque simplemente son incapaces de sobrevivir en superficies reducidas de sus ecosistemas. Con el tiempo, muchas especies en esos “parches” de ecosistemas pueden



extinguirse, lo que empobrece la biodiversidad de una zona. Otras especies, las conocidas como “invasoras”, pueden conquistar los parches y adueñarse de ecosistemas que antes les eran ajenos, con efectos negativos sobre las especies nativas. Además de la extinción de especies, pueden desaparecer o reducirse los servicios ambientales de los ecosistemas.



Pongamos ahora algunos datos sobre la mesa. Según un estudio que publicaron científicos norteamericanos en el año 2000, en los primeros años de la década de los noventas del siglo XX, cerca de 66% de los bosques mundiales mostraba algún grado de fragmentación. A nivel continental, Norteamérica fue quien mayor superficie de bosques tenía sin evidencia de fragmentación (cerca de 45%), seguido por Sudamérica (33%) y Eurasia (32%). En contraste, Australia y el Pacífico y África fueron las regiones con menores superficies con ecosistemas sin fragmentación (cerca de 27 y 29%, respectivamente). En el caso de México, los datos más detallados y recientes corresponden más o menos a las mismas fechas del estudio internacional -1994-, y marcan que cerca de 18% de los bosques estaban fragmentados siendo los ubicados en la parte sur y sureste del país los más afectados.

El grado actual de fragmentación de los ecosistemas acuáticos continentales y marinos, es difícil de conocer en México y en el resto del mundo. Sabemos que el crecimiento de las zonas urbanas, de la infraestructura productiva o de las actividades turísticas en las orillas de ríos, lagos, lagunas o en las costas, fragmentan los ecosistemas. Al menos en el caso de los humedales costeros –como los manglares y ecosistemas estuarinos-, podemos suponer que la fragmentación podría ser importante en todo el mundo, puesto que sólo en 2000, 40% de la población del globo vivía en las zonas costeras, y en México, cerca de 25%. Con respecto a los ríos, lagos y lagunas –sobre todo los muy grandes y caudalosos-, es probable que la continuidad de los ecosistemas se haya perdido en extremo: por ejemplo, en el río Yangtze, en China, viven cerca de 350 millones de personas (más de tres veces la población de nuestro país), lo que podría darte una idea de la magnitud del deterioro.



El turismo en algunas zonas fragmenta los humedales. En el Caribe ha dejado zonas de manglar separadas por grandes complejos turísticos.

¿Cuáles son las consecuencias de la pérdida de los ecosistemas naturales?

¿Te has puesto a pensar que el bienestar del que gozamos hoy día es considerablemente mayor al de los siglos pasados gracias, entre otras causas, a los servicios que los ecosistemas nos prestan todos los días? En efecto, mucho del incremento de las actividades generadoras de riqueza, como el crecimiento industrial y el comercio, entre otras, sólo ha sido posible gracias a que los ecosistemas nos abastecen continuamente de sus bienes y servicios. Si los bosques hubieran dejado de producir la madera, los mares no mantuvieran las poblaciones de peces o los humedales hubiesen cesado de purificar el agua, la situación actual podría ser radicalmente distinta.

Desafortunadamente, este crecimiento ha causado el deterioro, la reducción o la desaparición de grandes superficies de ecosistemas. Hemos transformado millones de hectáreas de bosques, selvas y matorrales en campos agrícolas y potreros; muchas de las especies pesqueras se capturan sin descanso en todas las aguas del planeta; enviamos a la atmósfera millones de toneladas de gases de efecto invernadero y vaciamos en mares, ríos, lagos y suelos millones de toneladas de contaminantes que son, finalmente, residuos de nuestra vida diaria.

En muchos casos los ecosistemas han sido capaces de resistir, e incluso revertir, el impacto de las actividades humanas y de sus residuos, pero sus límites de tolerancia se han rebasado. En algunos lugares, los humedales ya no detienen el embate de las tormentas y marejadas, y no purifican el agua; muchos ríos, lagos y mares no producen la cantidad de peces de décadas atrás y la atmósfera no tiene más la capacidad de autolimpiarse.

Aun cuando podrías pensar que los efectos de la pérdida de los servicios y bienes ambientales sólo podrían ser locales, es decir, en los sitios donde se ha producido el deterioro ambiental, no es así. Con frecuencia las consecuencias trascienden localidades y regiones. Por ejemplo, la pérdida de superficie forestal en una localidad de Chiapas no sólo reduce el abastecimiento de productos forestales y la recarga de los acuíferos de la zona, sino también afecta la capacidad de los bosques para controlar las crecidas de los ríos, lo que podría traducirse en algún momento en inundaciones en zonas lejanas donde los ríos vierten sus aguas. A nivel global, la pérdida de los bosques chiapanecos reducirá la capacidad de captura de carbono e incrementará la absorción de calor terrestre, lo cual exacerbará el problema del calentamiento global.

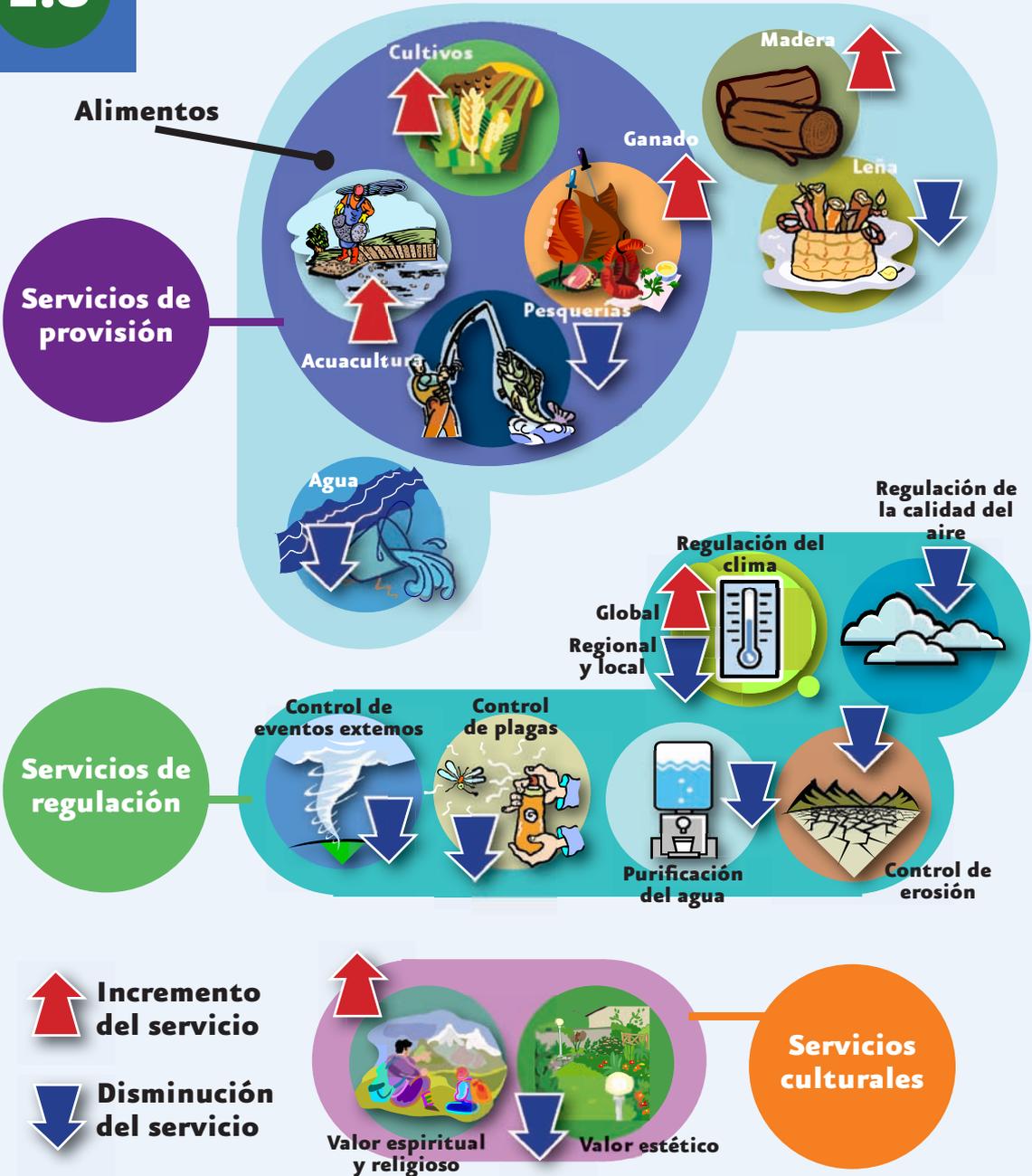
Pérdida y alteración de los servicios ambientales

La principal consecuencia de la pérdida, reducción o alteración de los ecosistemas es la disminución o el cese de la producción de sus bienes y servicios ambientales. Ahora podría ser lógico preguntarnos hasta qué punto la transformación y alteración que hemos ocasionado en nuestros ecosistemas ha afectado la producción de sus servicios ambientales (Figura 2.8).

Con respecto a los servicios de provisión, tales como la producción de los alimentos o la madera, podemos decir que, en general, su abasto se ha incrementado en el mundo. Actualmente se produce una gran cantidad de alimentos en forma de granos, vegetales y carne; sin embargo, este enorme abasto se ha conseguido a costa de la transformación y degradación de muchos ecosistemas naturales. Los ecosistemas marinos y dulceacuícolas por ejemplo, ya no son capaces

Estado de los servicios ambientales en el mundo

2.8



La principal consecuencia de la reducción y alteración de los ecosistemas es la pérdida o disminución de la calidad de los servicios ambientales que nos ofrecen.

de producir la misma cantidad de pescado que algunas décadas atrás. Cerca de 25% de las pesquerías marinas están sobreexplotadas y muchas otras de los lagos y ríos del mundo se encuentran severamente deterioradas.

El caso del agua suministrada para uso humano tampoco muestra signos positivos. Aun cuando la construcción de infraestructura como presas y otros reservorios ha permitido que muchas más personas en el mundo tengan acceso al agua dulce, el uso que hacemos de ella es inadecuado. Tan sólo del agua que utilizamos para regar nuestros cultivos, la extracción excede entre 15 y 35% la capacidad de abastecimiento en el mundo. La conversión de humedales, la contaminación del agua y la pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos han afectado la capacidad de abastecimiento del vital líquido.

Los servicios de regulación que ofrecen los ecosistemas también muestran evidentes signos de deterioro. La capacidad de autolimpieza de los contaminantes de la atmósfera fue rebasada desde hace muchos años, la regulación del clima local y regional se ha visto alterada en muchas regiones, principalmente debido a los cambios de las cubiertas vegetales naturales. De igual modo, el control de la erosión de los suelos, la purificación del agua, el control de plagas y la capacidad de reducir el impacto ante eventos extremos –como huracanes- ha disminuido en muchas regiones del planeta.

Finalmente, en lo que respecta a los servicios culturales, la pérdida de especies con valor religioso o representativas de algunos ecosistemas ha debilitado los beneficios espirituales o estéticos que la gente obtenía de ellos. No obstante, en algunos casos la conciencia del valor remanente de ciertos ecosistemas o la presencia de especies en peligro, incrementa el aprecio que la sociedad siente por esos lugares. Por ejemplo, la presencia del quetzal, un ave en la actualidad considerada

como en peligro de extinción y emblemática de algunos países y culturas mesoamericanas, incrementa el interés y aprecio que la gente siente por los remanentes de bosques mesófilos de México y algunos países de Centroamérica.

Todo lo anterior nos debe alertar acerca de las consecuencias que nuestras actividades han tenido en el ambiente y que podemos ver en cualquier lugar. Es claro que nuestro deseo de obtener bienes y servicios de la naturaleza ha tenido efectos, en algunas ocasiones dramáticos para los ecosistemas naturales. De ahí la importancia de tomar conciencia acerca del valor de los ecosistemas naturales y la biodiversidad que los habita.

¿Por qué son importantes los suelos?

Para la mayoría de las personas, el suelo es tan sólo el lugar por donde caminan, juegan fútbol, se siembran las cosechas o, simplemente, se asienta su casa. Sin embargo, para nuestra sorpresa podemos decir que el suelo es un recurso natural muy valioso, tan importante para la vida en el planeta como la atmósfera o el agua de lluvia.

Al suelo lo podemos definir como la capa exterior de la corteza terrestre, formada por minerales, materia orgánica, agua, aire y microorganismos en la que se establecen y crecen las plantas. Por supuesto que también es el sitio sobre el cual se asientan edificios y ciudades, pero nos centraremos aquí en su función dentro de la naturaleza. Pues bien, si pudieras observar al microscopio un puñado de suelo fresco, descubrirías que se encuentra formado por minúsculas partículas de minerales (muchas de ellas de distintos tamaños), además de miles de millones de microorganismos (como bacterias, protozoarios, algas y hongos), raíces de plantas y pedacitos de materia orgánica en descomposición, ésta última en forma de restos de plantas y animales (Figura 2.9).

Todos los elementos que forman al suelo interactúan entre sí para formar un verdadero ecosistema complejo y dinámico que permite que las plantas obtengan los nutrientes necesarios para establecerse y desarrollarse. Esto hace posible que muchas especies de animales, específicamente las que se alimentan de plantas –es decir, los llamados herbívoros-, puedan alimentarse también. Y claro está, los seres humanos también nos beneficiamos de las plantas que crecen en el suelo y de las que nosotros sembramos, especialmente aquellas que nos sirven como alimento, para la producción de fibras (como el algodón o el lino) o para obtener otros productos, como la madera o el papel.

Pero los suelos no sólo nos proveen a los seres humanos y a las plantas y animales de alimento

(Figura 2.10). También ayudan a reincorporar a los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza los elementos químicos presentes en la atmósfera –como el nitrógeno indispensable en la dieta de las plantas y los animales- o aquéllos que quedaron en los restos muertos de plantas y animales –como el carbono y el fósforo, entre otros-. Por si todo lo anterior no fuera suficiente, los suelos controlan y guían el flujo del agua de la lluvia hacia los acuíferos y los ríos y lagos, los filtran de contaminantes como metales pesados, plaguicidas y nitratos –que de otro modo se acumularían en ellos dañando al ambiente y de paso, nuestra salud-; amortiguan contra cambios bruscos de temperatura y funcionan como almacenes de carbono.



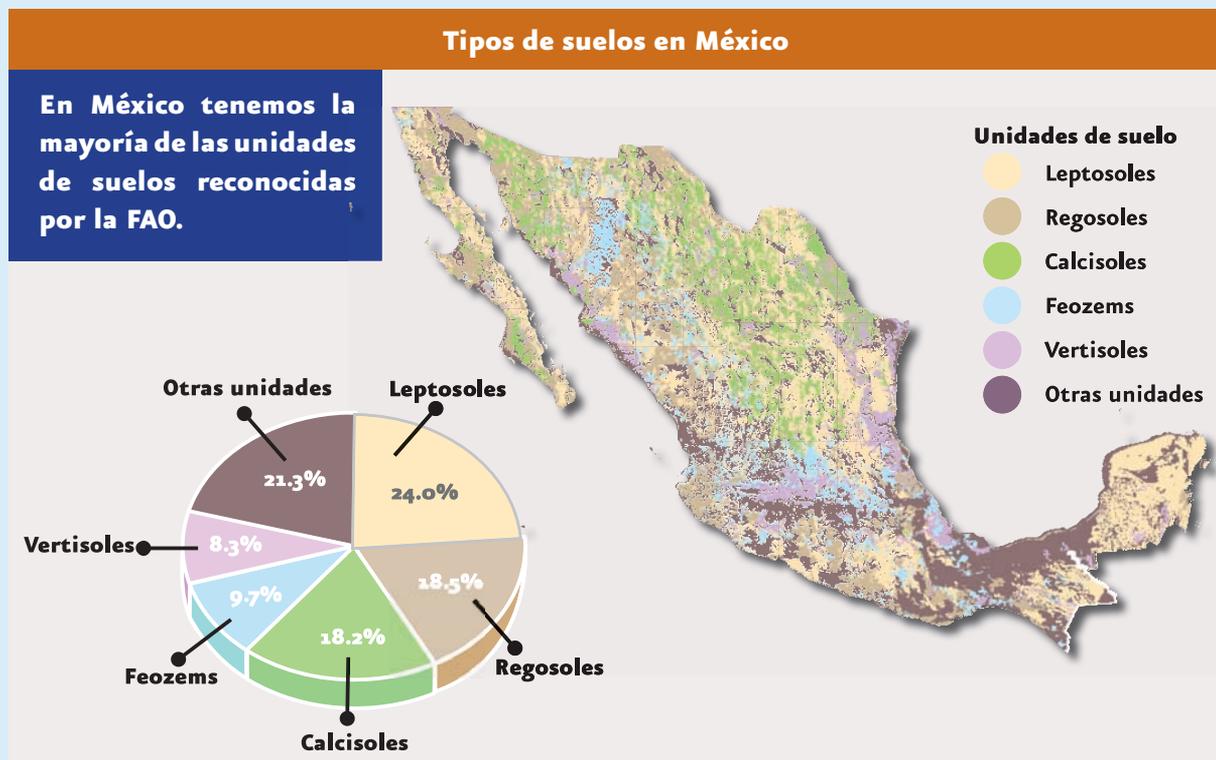
RECUADRO ¿Cuántos tipos de suelos hay?

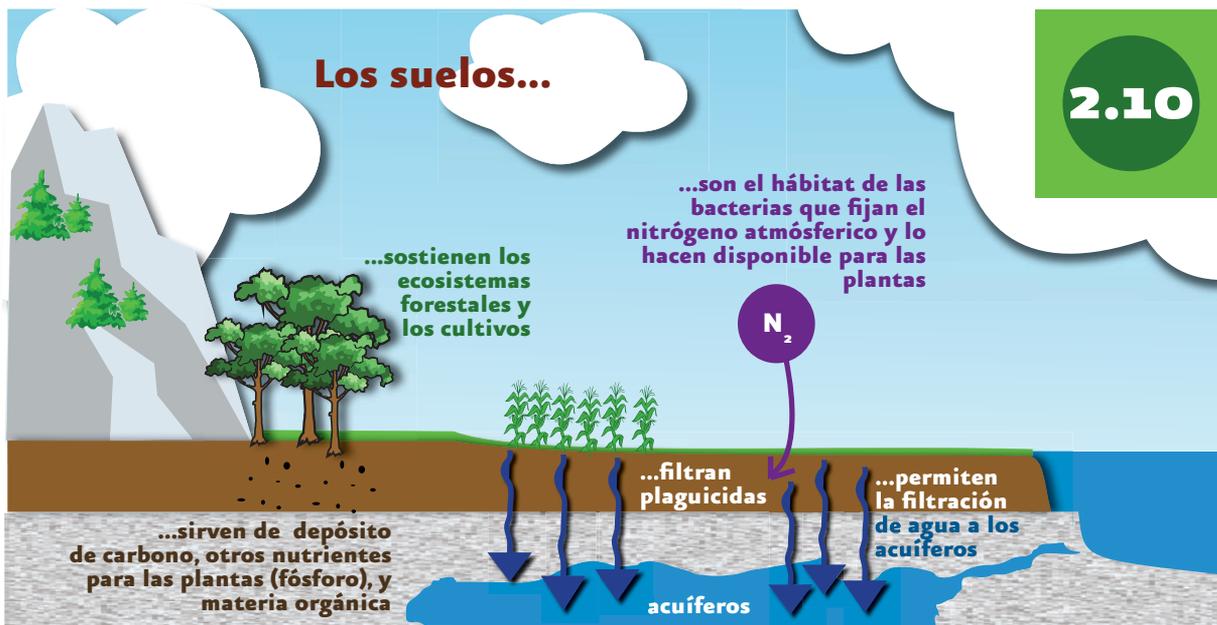
Si has viajado por carretera, seguramente te habrás fijado que con tan sólo unos minutos de recorrido de diferencia, los suelos en dos lugares pueden ser muy diferentes entre sí. Lo habrás notado quizá tan sólo en su color, pero si excavaras y los observarás con detalle, notarías que son muy diferentes. Tendrían quizá partículas de minerales de distintos tamaños, alguno sería más poroso que otro o, simplemente, alguno tendría mayor contenido de agua.

En efecto, se reconocen muchos tipos –llamados técnicamente unidades- de suelos en el mundo. Diversas instituciones internacionales (entre las que destaca la Organización para la Agricultura y la Alimentación, FAO por sus siglas en inglés) reconocen cerca de 30 unidades distintas en el

mundo. Además de sus nombres, que en ocasiones resultan muy extraños, difieren también en sus propiedades físicas y químicas, todo ello resultado de su ubicación geográfica, de las rocas que les dieron origen, del clima, de la vegetación y de su historia particular.

En México hay 80% de los tipos de suelo reconocidos por la FAO en el mundo. Sin embargo, la mayor parte de nuestro territorio está dominado por cinco tipos: Leptosoles, Regosoles, Calcisoles, Feozems y Vertisoles. De ellos, los Feozems son los más aptos para la agricultura, debido a su fertilidad y contenido de materia orgánica, en contraste a los calcisoles, los cuales son extremadamente secos e infértiles, lo que dificulta el crecimiento de las plantas.

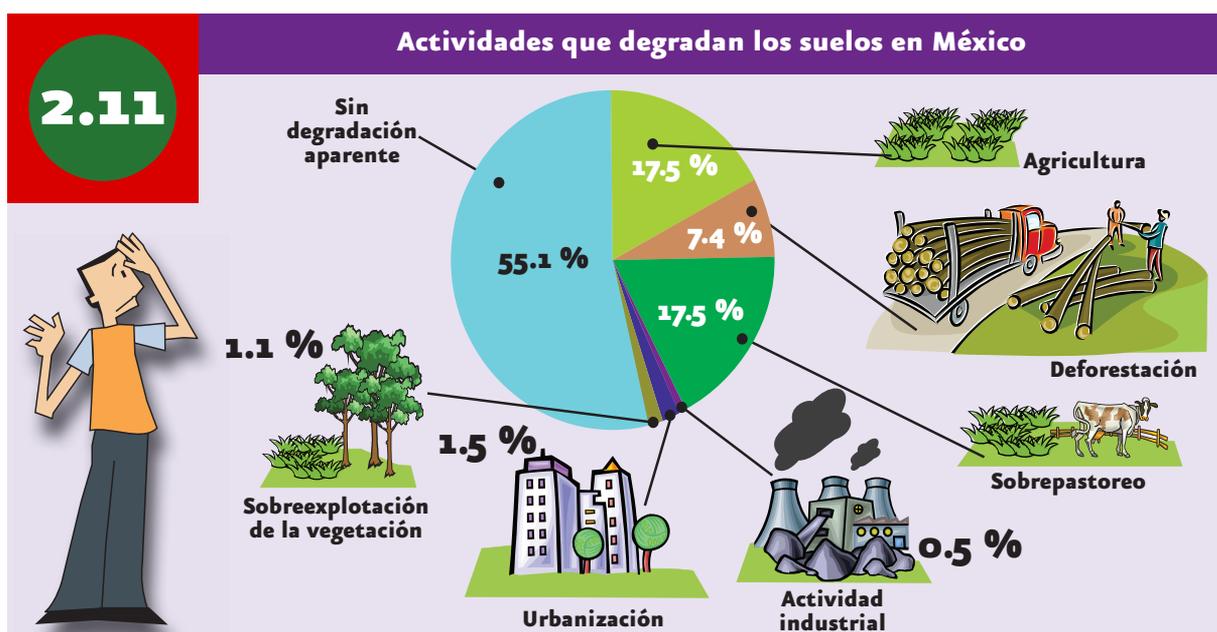




Los suelos también se deterioran

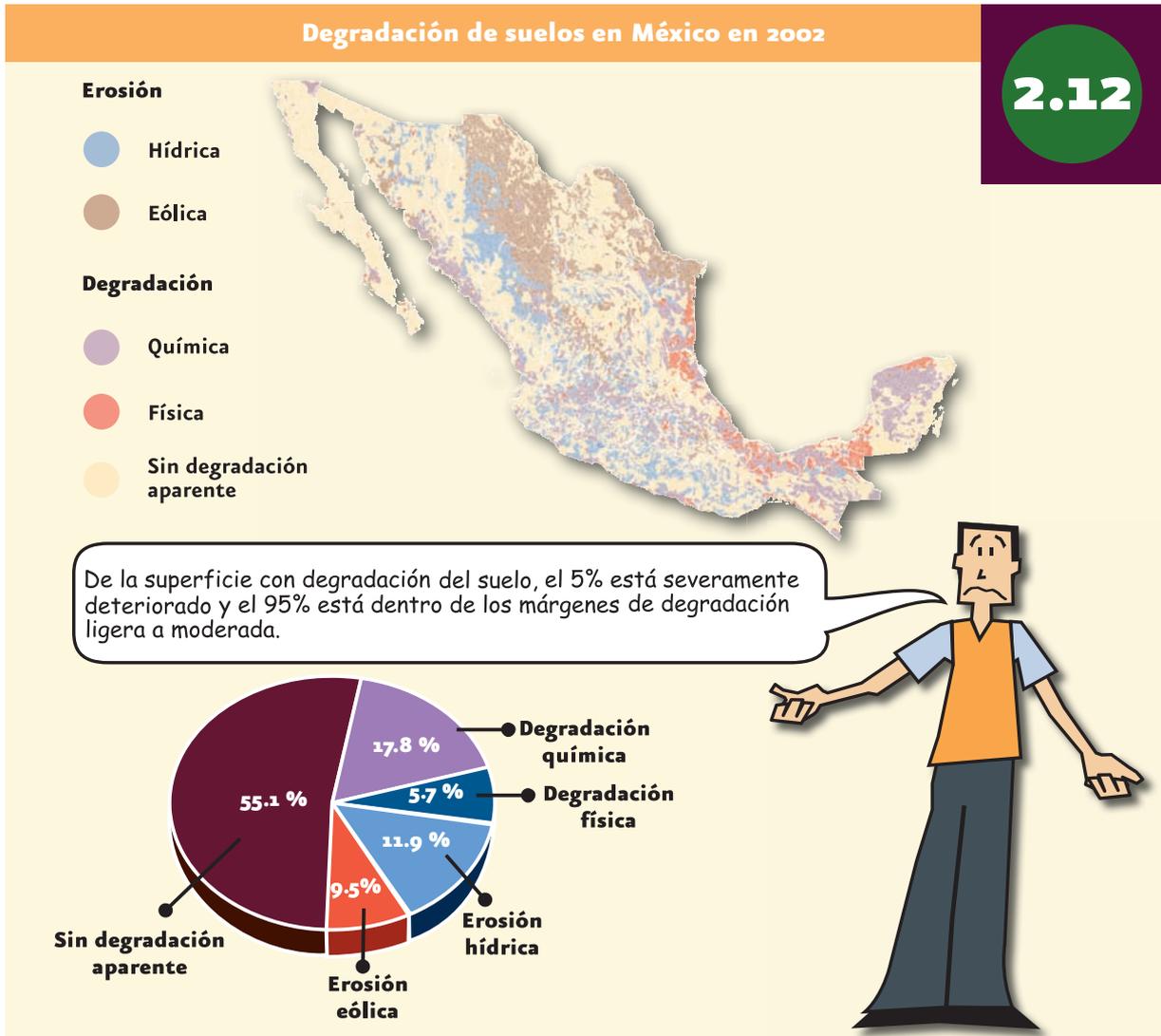
Como ocurre con otros componentes del medio ambiente, los suelos también se deterioran por las actividades humanas (Figura 2.11). Los edafólogos, es decir, los científicos que se especializan en el estudio de los suelos, llaman técnicamente a este

deterioro “degradación”. Este fenómeno se refiere a los procesos originados por las actividades humanas que reducen la capacidad actual o futura de los suelos para permitir la existencia de los ecosistemas, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua y para preservar la salud humana.



Y este no es un problema menor. Se calcula que cerca de 2 mil millones de hectáreas, es decir, alrededor de 15% de la superficie terrestre mundial, sufren de algún tipo de degradación de los suelos. Las consecuencias ambientales y sociales de estos procesos pueden ser enormes, involucrando desde la degradación y pérdida de los ecosistemas y su biodiversidad, hasta dramáticos fenómenos sociales como los “desplazados ecológicos” por las hambrunas en las zonas más pobres de África, en donde se estima que 65% de las tierras cultivables sufren de algún tipo de degradación del suelo.

En 2002 en México, aproximadamente 44.9% de la superficie terrestre mostraba signos de degradación inducida por el hombre (Figura 2.12). Sin embargo, debemos reconocer varios tipos de degradación. La de mayor presencia en el país es la degradación química (17.8%), que se produce básicamente por un agotamiento de los nutrientes del suelo, debido a su uso intensivo por la agricultura, aunque la presencia de sustancias provenientes de tiraderos de basura, derrames y residuos industriales, así como presencia de sales, también pueden ocasionarla.

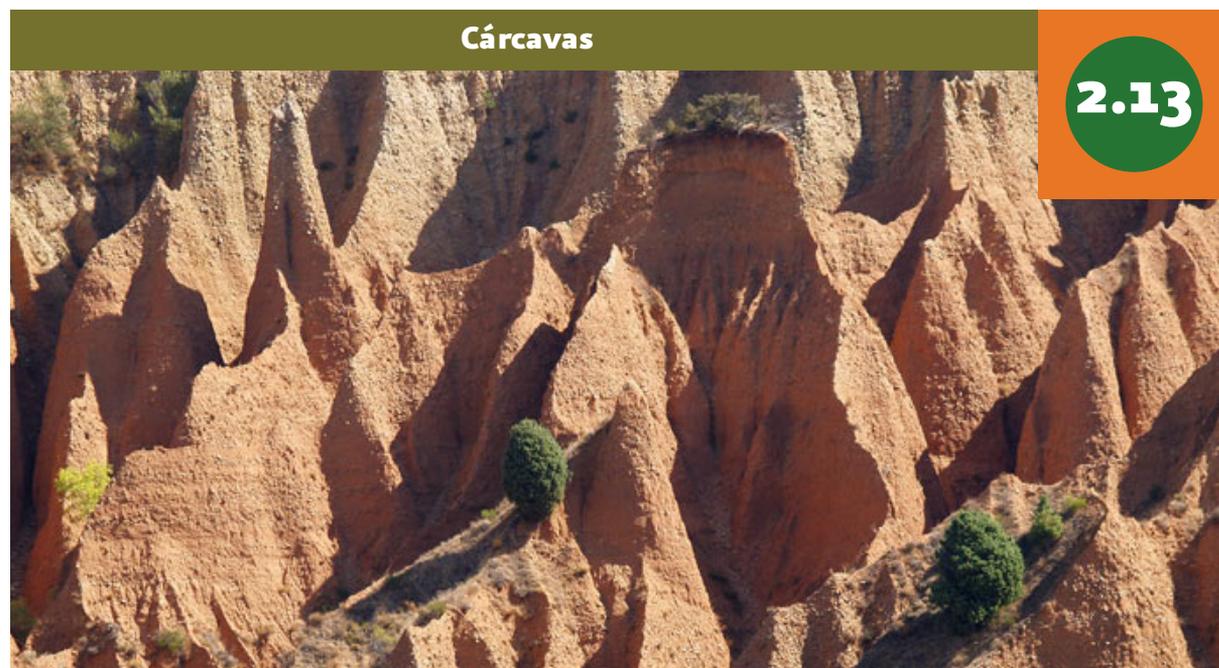


Habrás notado en algún río que, en ciertas épocas, la coloración de sus aguas es pardusca o incluso más oscura. Esto puede deberse a que los sedimentos que se han incorporado a su cauce y que son arrastrados hacia el mar o algún lago por la acción de la fuerza del agua; todos esos sedimentos fueron parte del suelo de zonas río arriba, la que ha quedado desprovista de ellos y seguramente enfrentará problemas por la erosión hídrica. Ésta consiste en la pérdida de las partículas del suelo por el efecto del correr del agua. En México, la erosión hídrica es el segundo proceso de degradación del suelo más importante, afectando cerca de 12% de la superficie nacional. En determinados casos, el agua puede arrastrar tanto material que el suelo queda marcado por profundas zanjas llamadas “cárcavas”, como las que ilustra la Figura 2.13, y en cuya condición es difícil llevar al cabo cualquier actividad productiva o incluso, lograr su recuperación.

Los tipos más importantes de degradación del suelo en el país, después de la degradación

química y la erosión hídrica, son la erosión eólica y la degradación física, que en el año 2002 afectaban 9.5 y 5.7% de la superficie nacional, respectivamente. En la primera de ellas, el factor que favorece la pérdida de las partículas del suelo es el viento, que las arrastra y puede depositarlas en sitios muy lejanos. En el caso de la degradación física, se produce cuando los suelos pierden la capacidad de absorber y almacenar agua, ya sea porque el suelo se compacta (por ejemplo, por el tránsito de vehículos o animales), se endurece (por la formación de costras) o es recubierto por algún material relativamente impermeable (por ejemplo, por efecto de la urbanización).

Las cárcavas son producidas principalmente por el efecto del agua. Cuando se forman, disminuye la capacidad productiva del suelo.



¿Qué puedo hacer...?

Ecosistemas:

- Cuando salgas de día de campo o de vacaciones, evita prender fogatas, ya que si se salen de control podrían afectar irremediablemente al ecosistema.
- Evita coleccionar en el campo flora o fauna silvestre. Además de dañar a las poblaciones silvestres de esas especies, podrías estar alterando el equilibrio del ecosistema entero. Tampoco dañes la vegetación cortando ramas, brotes y flores.



Suelos:

- Si vas a fertilizar un terreno, utiliza fertilizantes orgánicos, como las compostas, en lugar de emplear fertilizantes químicos. Con ello evitarás la contaminación del suelo y el agua.

Lecturas y páginas de internet recomendadas

PNUMA-WCMC. Los bosques en peligro. *Tunza* 4: 12-14. Disponible en: <http://www.ourplanet.com/tunza/issue0403sp/pages/contents.html>

Semarnat. *El Medio Ambiente en México. En Resumen 2005*. Semarnat. México. 2006. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>

UNEP. *One Planet, Many People: Atlas of Our Changing Environment*. UNEP. Kenya. 2005.

UNEP/GRID-Arendal. *Planet in Peril: Atlas of Current Threats to People and the Environment*. UNEP. Kenya. 2006.



Bibliografía

Comisión Estatal del Agua de Jalisco. *Lago de Chapala*. Disponible en: <http://ceasjalisco.gob.mx/chapala.html>

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 ecosystems services and natural capital. *Nature* 387: 253-260. 1997.

Dirzo, R. y M. C. García, 1991. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeastern Mexico. *Conservation Biology* 6: 84-90.

FAO. *The Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/site/fra/en/>

Gore, A. *Una verdad incómoda*. Gedisa Editorial. España. 2006.

Millennium Ecosystem Assessment. *Our Human Planet: Summary for Decision-makers*. Island Press. USA. 2005.

Semarnat-Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*. Escala 1: 250,000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2005*. Semarnat. México. 2005. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>



Biodiversidad



3

Biodiversidad

¿Qué es la biodiversidad ?

Si has visitado un herbario, un zoológico o simplemente un museo de historia natural, seguramente observaste una gran cantidad de plantas y animales; si además has tenido la oportunidad de caminar en algún bosque, selva o una zona árida, posiblemente notaste que la diversidad de organismos es todavía mayor.

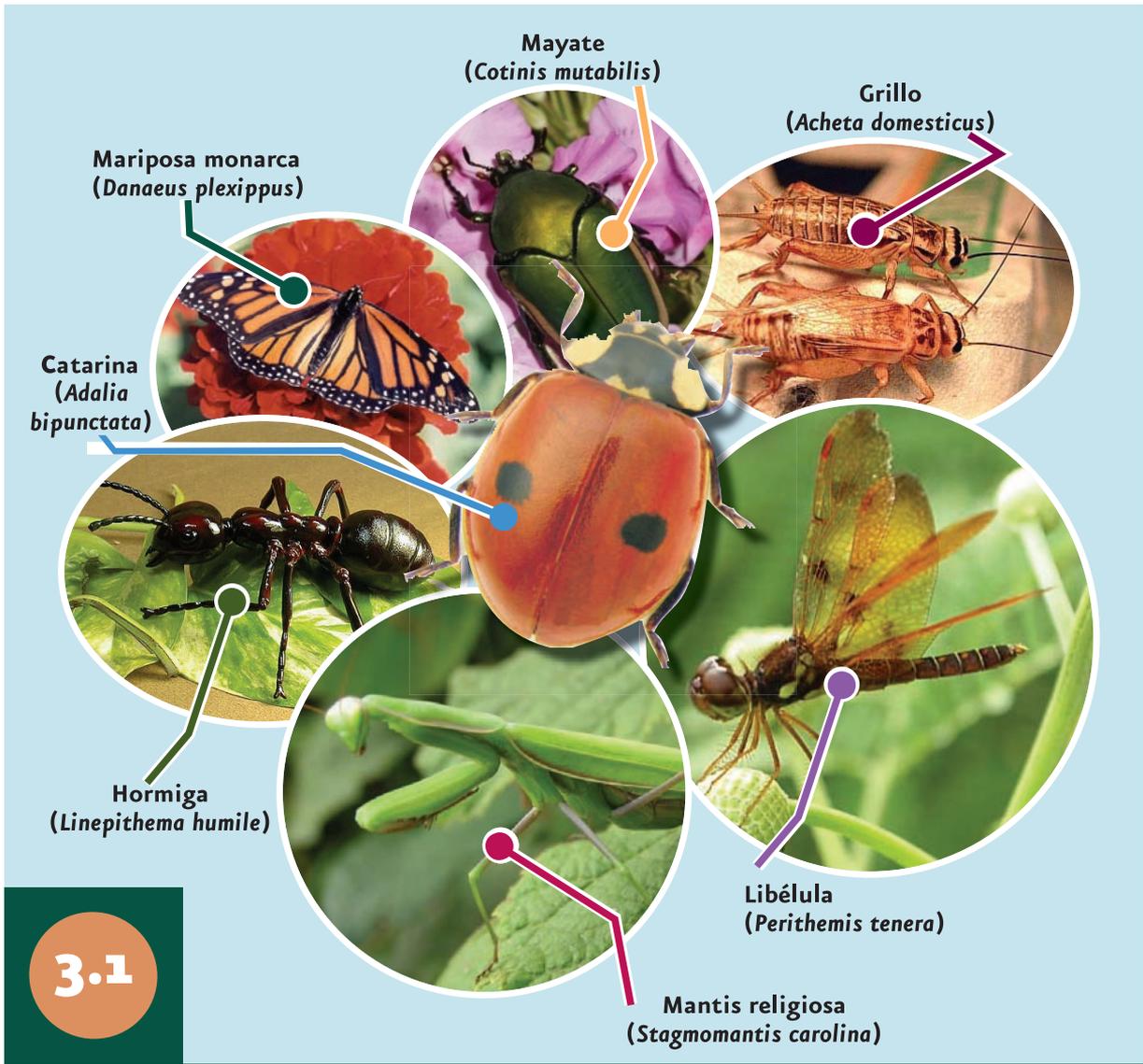
Los seres vivos han conquistado prácticamente cada espacio del planeta; están presentes desde la profundidad de los océanos y las altas y frías montañas, hasta los cálidos trópicos y las inhóspitas regiones polares y desérticas. Todo ello ha sido el resultado de una extraordinaria diversificación de sus formas, es decir, de su evolución en muchas y distintas especies.

La biodiversidad es el resultado de miles de millones de años de evolución; se cree que los primeros organismos unicelulares aparecieron hace 3 mil 500 millones de años. Actualmente, en las tierras y aguas del planeta sobreviven millones de especies distintas –muchas de ellas aún no descubiertas, y menos aún, clasificadas por la ciencia-. A la fecha, los científicos han descrito aproximadamente entre 1.7 y 2 millones de especies y cada año descubren entre 16 mil y 17 mil más. Aproximadamente tres cuartas partes de estos descubrimientos son insectos –ese grupo al que pertenecen hormigas, abejas, libélulas y escarabajos-, los cuales representan la mayoría de la diversidad de animales del planeta (Figura 3.1).



Aunque este número ya es muy grande, los científicos calculan que podría haber entre 5 y 30 millones de especies más por descubrir. Existen ecosistemas enteros, como los de las profundidades oceánicas, de los cuales se conoce poco acerca de las especies que los habitan. Con todo esto, podemos decir que la ciencia apenas podría conocer y haber descrito entre 6 y 28% de la diversidad mundial de especies (Figura 3.2).

El término *biodiversidad* es una contracción de la expresión “diversidad biológica” y fue sugerido por Walter G. Rosen en 1985 durante la primera conferencia del Foro Nacional sobre Biodiversidad, celebrada en Washington, Estados Unidos. En su sentido más amplio, biodiversidad es casi sinónimo de “vida sobre la Tierra”.

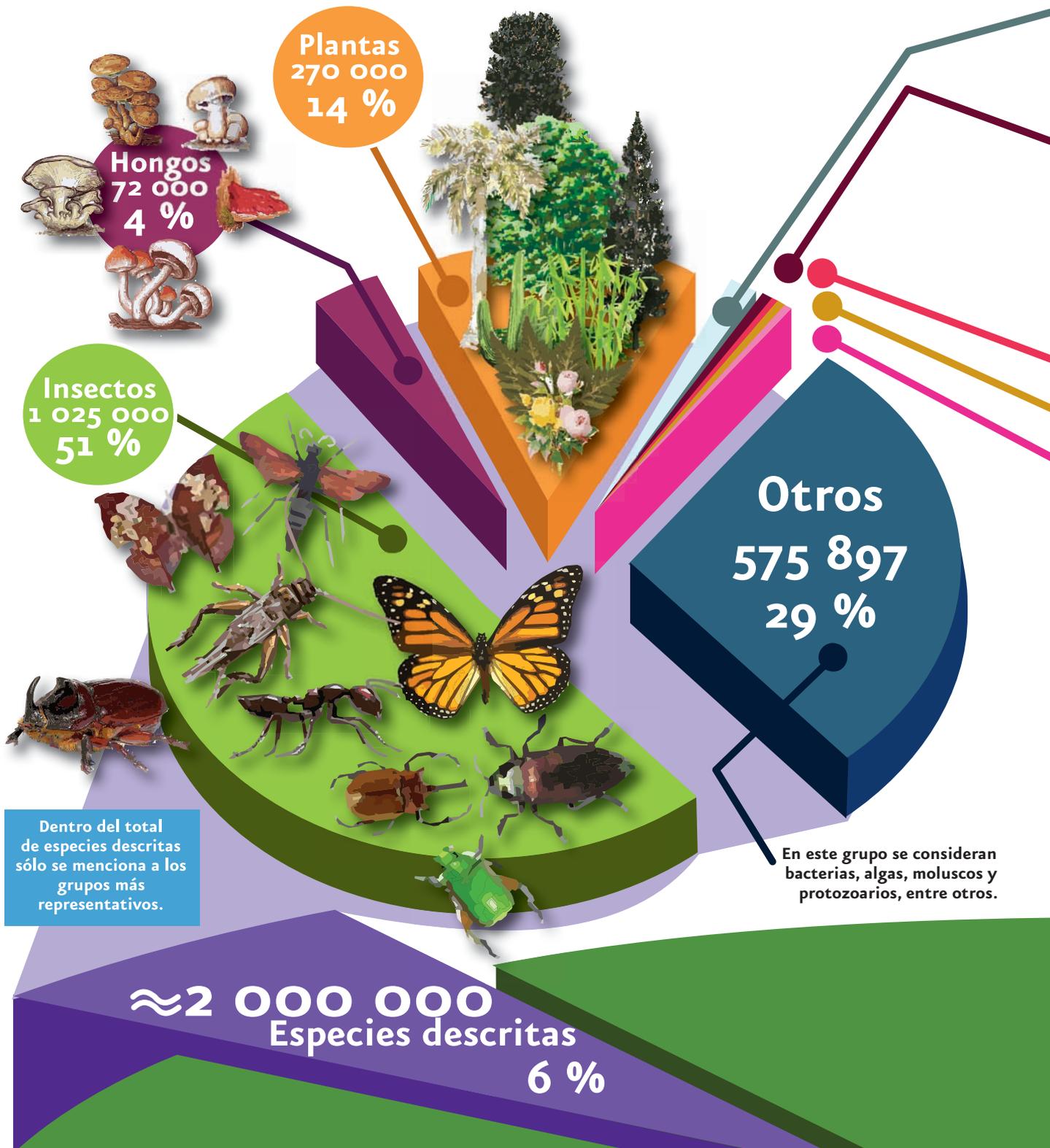


3.1

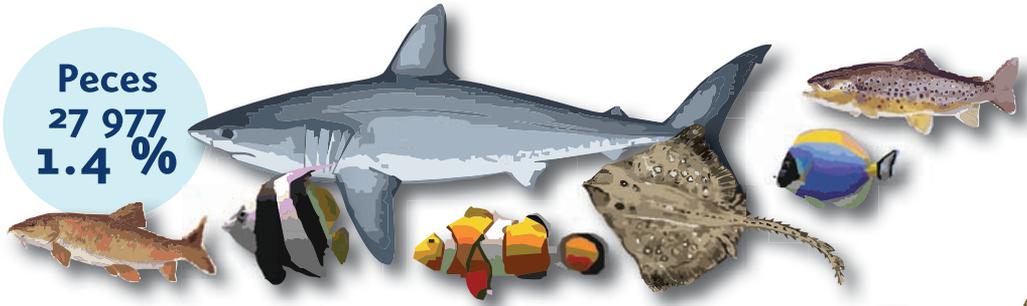
En el mundo existen cerca de 5 mil especies de libélulas, 20 mil de saltamontes, 170 mil de mariposas y polillas, 350 mil de escarabajos y 11 mil de hormigas.

3.2

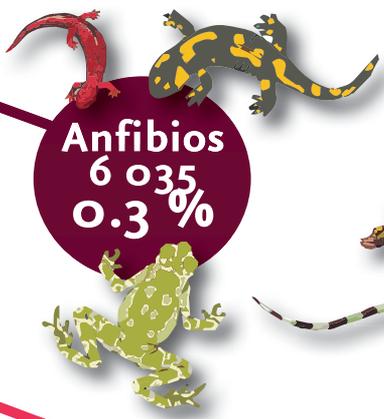
La biodiversidad en el mundo



Peces
27 977
1.4 %



Anfibios
6 035
0.3 %



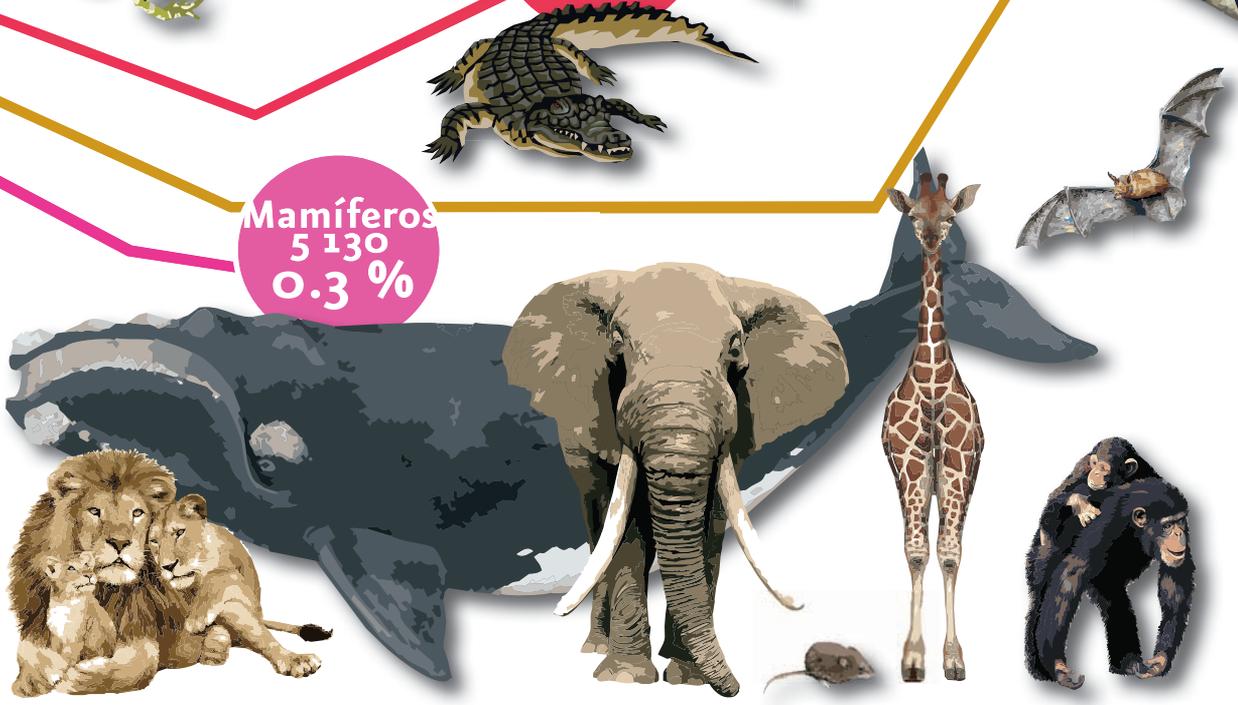
Reptiles
8 240
0.4 %



Aves
9 721
0.5 %



Mamíferos
5 130
0.3 %



≈ 30 000 000

Especies por descubrir

94%

¿En qué niveles se estudia la biodiversidad?

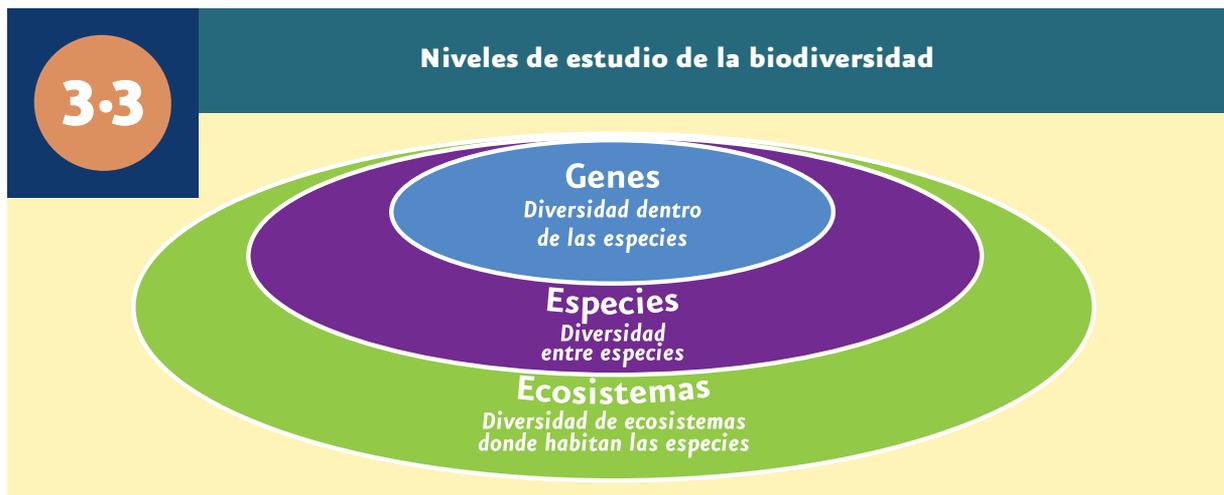
La diversidad de la naturaleza no sólo se refleja en la gran variedad de especies que habitan un país o una región, sino también en las diferencias que existen entre los individuos de una misma especie o entre los distintos ecosistemas. Seguramente habrás notado que dos pinos no son iguales entre sí aunque mucho se parezcan, como tampoco lo son dos jaguares, un par de hongos o las selvas, bosques, desiertos, de un sitio u otro. Como puedes ver, la biodiversidad es compleja, y para su estudio los científicos la han agrupado en tres niveles: diversidad genética, de especies y de ecosistemas.

Como se aprecia en la Figura 3.3, estos niveles no son independientes entre sí, sino que se integran unos dentro de otros. En el nivel de genes, cada individuo posee un código genético único fruto de la evolución de millones de años, lo que origina la gran diversidad de individuos que forman la variedad de especies existentes en una región. Dichas especies forman parte de un sistema complejo en el cual interactúan con otras especies y con elementos abióticos (suelo, agua, aire, etc.), conformando a su vez, diferentes ecosistemas.

Diversidad genética

¿Te has preguntado por qué cada individuo a pesar de que se parezca a otro, no es del todo igual y posee características que lo hacen único? Los animales, las plantas, así como todos y cada uno de nosotros somos diferentes. Esto es una expresión de lo que se llama diversidad genética, y que también 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 (Figura 3.4).

La diversidad genética es resultado de la variación en el contenido de la información genética que cada organismo tiene en el ADN* de sus células. El ADN es como una base de datos en donde se almacenan todas las características de un organismo -como su color de pelaje y ojos-; todo ello en la forma de pequeños paquetes conocidos como genes. Las diferencias en el contenido y la cantidad de paquetes es lo que, a fin de cuentas, distingue a cada una de las especies. Estos genes los heredan de sus padres, que a su



*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.

3.4



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.

El hombre ha utilizado la diversidad genética para su beneficio, principalmente para la obtención de variedades animales o plantas con características

particulares que resultan de utilidad. Por ejemplo, la gran variedad de tipos de maíz, chile, calabaza, jitomate o papa que puedes encontrar en el mercado son resultado de la cruce selectiva que los agricultores han realizado durante muchos ciclos de siembra, con lo cual han buscado mejorar su sabor, color, e incluso, sus propiedades nutrimentales (Figura 3.5).



3.5

Algunas variedades de chile, maíz y calabaza de México

Diversidad de especies

¿Alguna vez has visitado el mar? Si es así, te habrás dado cuenta que existe una gran variedad de animales que viven en él: peces, corales y estrellas de mar, entre otras. En un bosque también lo habrás notado: hay muchos tipos de árboles, pájaros e insectos. La variedad de especies que pueden vivir en un medio o en una región determinada, son justamente las que conforman la diversidad a nivel de especies.

Diversidad de ecosistemas

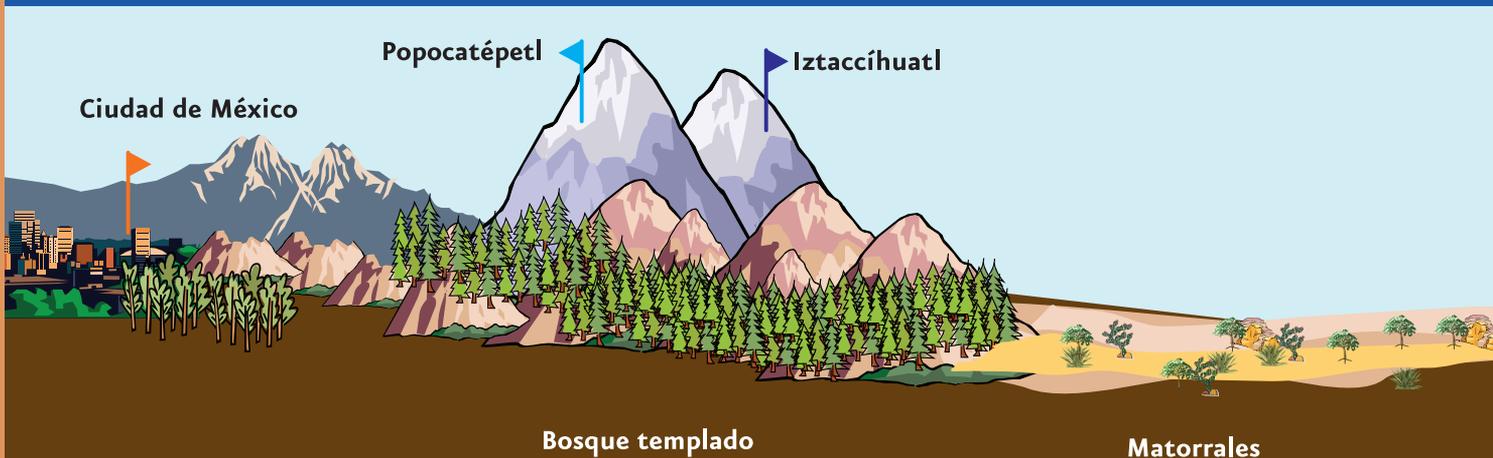
Imagínate que realizaras un viaje desde el Puerto de Veracruz hacia la Ciudad de México, y que pusieras particular atención en los ecosistemas que encontraras a tu paso. A lo largo del trayecto verías, empezando desde del mar, ecosistemas como los arrecifes de coral y las dunas de arena; después, antes de entrar a la serranía, hallarías exuberantes selvas, mientras que los bosques templados y los mesófilos de montaña dominarían en las zonas montañosas. Ya en el altiplano, al bajar de la zona serrana, los matorrales con arbustos, magueyes y nopales, propios de las zonas áridas, serían los ecosistemas predominantes. Este es un pequeña muestra de la gran variedad de ecosistemas que

existen en México y el mundo, el cual constituye otro de los niveles de la diversidad biológica. Básicamente, el estudio de la biodiversidad de ecosistemas, comprende la variedad de hábitats de un área determinada (Figura 3.6).

¿Por qué México es un país megadiverso?

En el mundo existen alrededor de 200 países, pero sólo en doce de ellos -Australia, Brasil, China, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, India, Indonesia, Madagascar, México, Perú y la República Democrática del Congo- se encuentra 70% de la biodiversidad del planeta. Por eso a estos países se les denomina “megadiversos” (Figura 3.7).

México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo, no sólo por poseer un alto número de especies, sino también por su diversidad genética y de ecosistemas. Se estima que en el país se encuentra entre 10 y 12% de las especies conocidas por la ciencia. A pesar de contar únicamente con 1.3% de la superficie terrestre del planeta (Figuras 3.8 y 3.9), México ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a la diversidad de plantas, anfibios y reptiles.



Países megadiversos



En Latinoamérica, México es uno de los países con mayor diversidad de tipos de vegetación. A nivel mundial rivaliza, en ese mismo rubro, tan sólo con China e India. También es rico en ecosistemas acuáticos, en sus poco más de 11 mil kilómetros de litorales pueden encontrarse ecosistemas enteramente marinos –como los arrecifes de coral, las lagunas costeras o las comunidades de pastos marinos- o en los que predominan las aguas salobres –como los estuarios, donde confluyen el agua dulce de los ríos y la salada del mar-. Además, también posee una importante riqueza en cuerpos de agua dulce continentales. Su complejo paisaje forma más de 70 cuencas fluviales, con

Los países megadiversos albergan en conjunto cerca de 70% de la diversidad de especies del planeta; sin embargo, en extensión ocupan, aproximadamente, 32% de la superficie mundial.

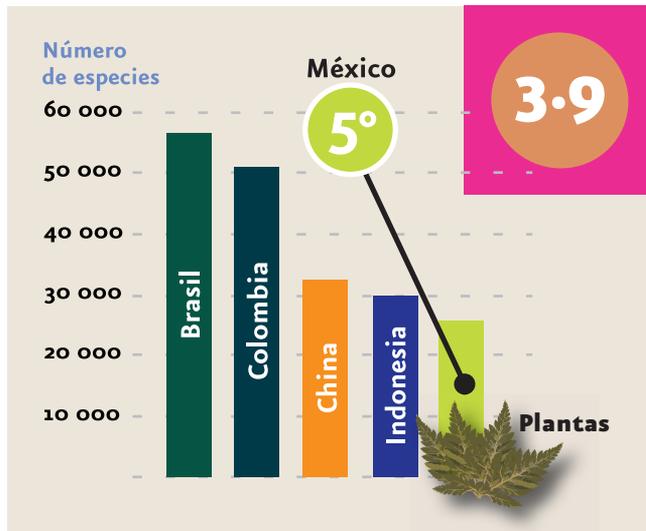
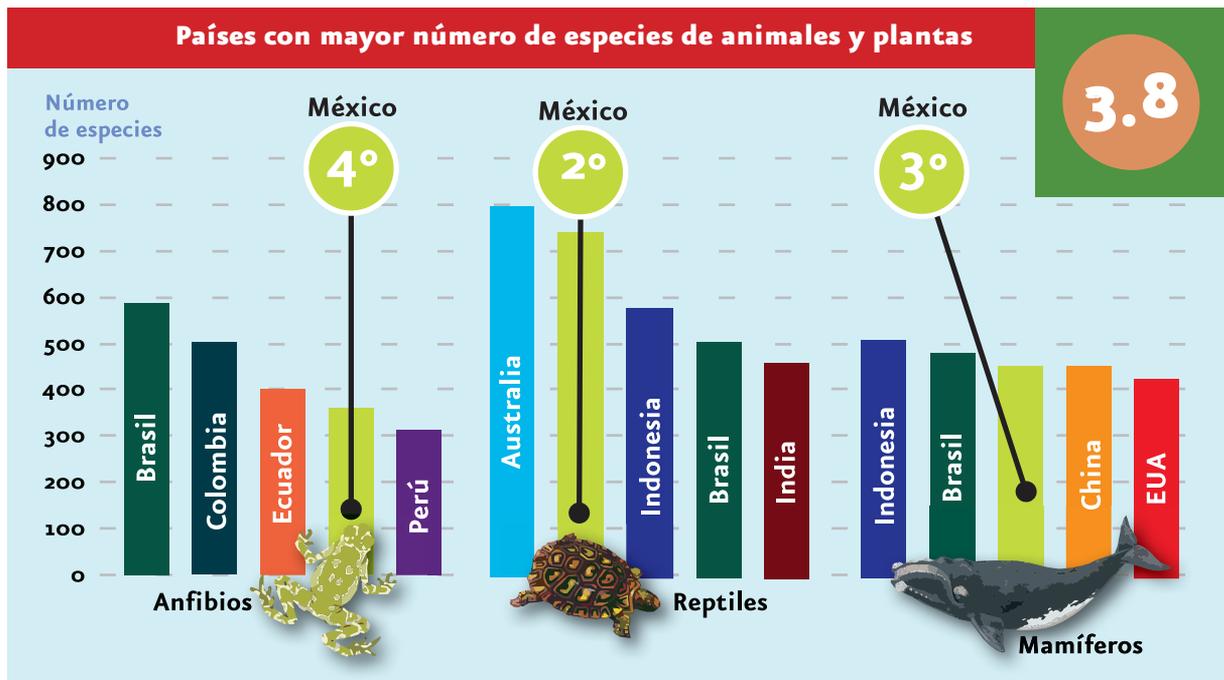
ríos que van desde los que sólo fluyen en la época de lluvias, hasta aquéllos caudalosos como el Grijalva, el Balsas y el Usumacinta. Setenta lagos –algunos de ellos de notable tamaño, como Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro- y más de 4 mil 500 embalses artificiales también cobijan una multitud de especies y ecosistemas (Figura 3.10).

Diversidad de Ecosistemas de Veracruz a la Ciudad de México

3.6



Países con mayor número de especies de animales y plantas



México posee entre 10 y 12% de la biodiversidad mundial, a pesar de que su territorio tan sólo cubre 1.3% de la superficie total continental del planeta.

Ejemplos de ecosistemas acuáticos en México

Laguna de Zempoala, Estado de México

Lacantún, Chiapas

Poza Azul, Cuatrociénegas, Coahuila



¿Por qué México tiene esta enorme diversidad biológica?

Los científicos consideran que la gran riqueza natural de México ha sido el resultado de cuando menos tres factores. El primero se refiere al complejo relieve montañoso que caracteriza al paisaje mexicano. Por el país corren dos grandes cordilleras montañosas –las sierras Madre Oriental y Occidental- y otras cadenas montañosas menores, como la Sierra de Chiapas y el llamado Eje Neovolcánico Transversal.

El segundo factor importante es la gran variedad de climas que hay en el territorio, que van desde los húmedos tropicales hasta los fríos climas alpinos, pasando por los secos extremos de las zonas áridas. Todos éstos, y su interacción con el complejo paisaje del país, crean un significativo mosaico de ambientes que permite que en muchos de ellos puedas observar un tipo de ecosistema particular, con especies propias.

Finalmente, el tercer factor es la mezcla en el territorio de dos importantes zonas biogeográficas: la Neártica y la Neotropical. Una zona biogeográfica es una región donde los elementos de flora y fauna presentan una gran afinidad. De la zona Neártica proceden las especies típicas de los climas fríos, como las espléndidas mariposas monarca, el borrego cimarrón y el

lobo mexicano, así como pinos, abetos y otras coníferas. En contraste, en la zona Neotropical predominan los elementos de flora y fauna con afinidades tropicales, de tal modo que es posible encontrar especies típicas como el tapir, el jaguar, las iguanas, las guacamayas, el quetzal y la enorme diversidad de árboles tropicales como la caoba, el cedro y el hule, entre otros.

También México se distingue por su gran número de especies endémicas, es decir, aquéllas que sólo viven y crecen en una determinada zona o región y que no se encuentran en ningún otro lugar del mundo. En el caso de las cactáceas, poco más de 77% de las especies mexicanas son endémicas. Entre los animales, de los anfibios mexicanos –ranas, sapos y salamandras-, 47 % de las especies sólo se encuentra en nuestro país. En la Figura 3.11 podrás ver el grado de endemismo de algunos grupos de plantas y animales.

Mas allá del número de especies y de sus endemismos, México es el sitio de origen y diversificación de distintos cultivos de importancia nacional e internacional, entre los que sobresalen especies comestibles como el maíz, chile y frijol. La Tabla 3.1 muestra de algunas especies de plantas domesticadas en México, tanto comestibles y ornamentales, de las que se obtienen fibras, colorantes y compuestos químicos medicinales.



Manglar, Coyutlán, Colima

Arrecife Mesoamericano

Bahía de Loreto, B.C. Sur

Tabla
3.1

Principales especies de plantas domesticadas en México

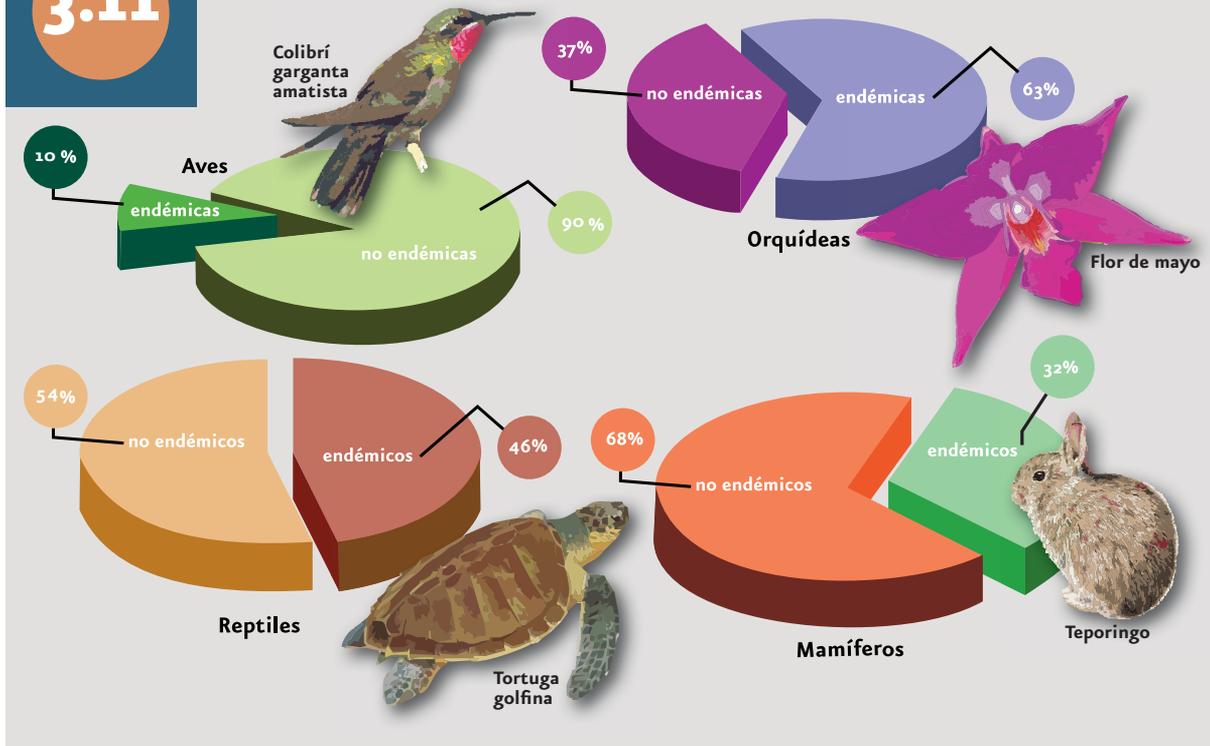
	Nombres comunes	Familia	Géneros	Especies y/o variedades ¹	Usos ²
	Henequén, ixtle, izote, maguey pulquero y sisal	Agavaceae	2	7	A, B, CV, T
	Amaranto, huauhtli y quintonil	Amaranthaceae	1	> 3	A
	Zempasúchitl, dalia, girasol, papaloquelita y varablanca	Asteraceae	5	9	A, C, CV, O
	Nopal, órgano, pitahaya, tuna y xoconostle	Cactaceae	4	> 16	A, CV, H
	Epazote y huauzontle	Chenopodiaceae	1	2	A, C
	Camote	Convolvulaceae	1	1	A
	Bule, calabaza, chayote, chilacayote, chinchayote y pipiani	Cucurbitaceae	3	6	A, U
	Añil, cacahuete, colorín, chipile, frijol, guaje y jicama	Fabaceae	9	> 14	A, C, CV
	Maíz	Poaceae	1	41-59	A
	Algodón	Malvaceae	1	1	T
	Ahuehete	Taxodiaceae	1	1	O
	Chile, jitomate y tomate	Solanaceae	3	7	A, C
	Cacao y patashtle	Sterculiaceae	1	3	B

¹Las variedades sólo hacen referencia al caso del maíz.

²Las claves para los usos de las plantas son las siguientes: (A) alimento, (O) ornamental, (B) bebida estimulante, (C) condimento, (CV) cerca viva, (T) textil, (H) planta huésped y (U) utensilio.

Endemismo de algunos grupos de plantas y animales en México

3.11



Esta cantidad de especies, de por sí impresionante, resulta todavía mayor si consideramos la cantidad de variedades que existen de cada una de ellas. Para que nos demos cuenta de la gran contribución de México a la diversidad de plantas cultivadas del mundo, considera la enorme variedad de chiles o de frijoles que se consumen en nuestro país, muchas de las cuales se han domesticado con fines distintos al alimenticio (ver el recuadro *México: el pueblo del maíz*).

¿Qué beneficios obtenemos de la biodiversidad?

Si pensamos detenidamente de dónde provienen los alimentos que comemos –carnes, frutas, cereales y verduras-, los materiales de los que está hecha nuestra ropa –algodón, lino o seda-, o nuestros muebles –madera, ya sea natural o procesada como aglomerado-, podrás darte cuenta rápidamente que la gran mayoría proviene,

finalmente, de la biodiversidad. Las plantas y los animales nos dan la gran mayoría de las materias primas de los productos que necesitamos y tenemos alrededor. Hasta aquí podemos decir que la importancia de la diversidad biológica radica en el beneficio que obtenemos directamente de ella: alimentos, fibras, materiales de construcción y compuestos químicos medicinales, entre muchos otros.

Hay otros muchos servicios que la biodiversidad nos otorga y que la gran mayoría de las personas aún no conocen y valoran. Por ejemplo, la vegetación natural captura parte del dióxido de carbono (CO₂) producido por los vehículos e industrias, lo que ayuda a la reducción del efecto de calentamiento global del planeta (podrás leer más al respecto en el capítulo de *Cambio climático y ozono*). Otros ejemplos de servicios son la regulación del clima local, la captación y el mantenimiento de la calidad del agua, el control de las plagas y enfermedades, la descomposición

de los residuos que producimos, la formación y fertilidad de suelos y la polinización de los cultivos que realizan las abejas, mariposas, murciélagos y otros animales.

No debemos olvidar que entre los servicios ambientales que brinda la biodiversidad, están los servicios culturales. La belleza escénica, por ejemplo, tiene un valor espiritual y recreativo para muchas personas y comunidades, de la misma manera que los ecosistemas naturales son un elemento importante para la actividad ecoturística. El valor científico también es un servicio cultural de la biodiversidad que puede traducirse en importantes beneficios para la sociedad. A través de la investigación, los científicos conocen la estructura y función de los ecosistemas naturales lo que puede ayudar directa o indirectamente, a su conservación y recuperación.

Los ecosistemas nos proporcionan todos los servicios ambientales sin cobrarnos un centavo. Pero, ¿te imaginas cuánto dinero tendríamos que invertir, con la tecnología que poseemos, para reproducir –si en realidad pudiéramos hacerlo- los servicios y bienes ambientales que nos ofrece la naturaleza? Compleja tarea. No obstante, algunos investigadores han intentado calcular cuánto cuestan los servicios ambientales y sus resultados son sorprendentes. Los valores que ofrecen son

Los servicios ambientales son todos aquellos beneficios que obtenemos de la naturaleza, tanto materiales –como los alimentos, fibras y la madera-, como aquéllos menos perceptibles: la purificación del agua y del aire, la captura de carbono y la belleza escénica de los bosques.

estimaciones, es decir, presentan algún grado de incertidumbre o error, por lo que no deben tomarse como exactos (ver el recuadro *Proyecto Biosfera 2: un miniplaneta poco funcional*).

Las estimaciones indican que el valor de los servicios ambientales de los ecosistemas globales podría rondar entre los 16 y los 54 trillones de dólares –un 16 o 54 seguido por 18 ceros– es decir, una cantidad de dinero tan grande que equivaldría a cerca de 25 y 83% respectivamente del total de productos que se venden en el mundo en un año. Podrás darte cuenta de la importancia para todos los habitantes del planeta el que conservemos funcionando de manera óptima los ecosistemas; de otro modo, tendremos que invertir considerables esfuerzos económicos y humanos para obtener por otros medios, cuando sea posible, los bienes y servicios de los ecosistemas (Figura 3.12).

Valor económico anual de los servicios ambientales de algunos ecosistemas (dólares americanos)



RECUADRO

México: el pueblo del maíz

De todas las plantas ligadas a nuestras tradiciones o a la dieta diaria, existe una muy especial: el maíz, cuyo nombre científico es *Zea mays*. México se considera su centro de origen y uno de los más importantes de su diversidad. Seguramente al visitar algún mercado urbano o rural habrás notado la enorme variedad de mazorcas de maíz, tanto en tamaño como en color, que usa nuestro pueblo. Esta diversidad se calcula que oscila, a nivel nacional, entre 41 y 59 variedades.

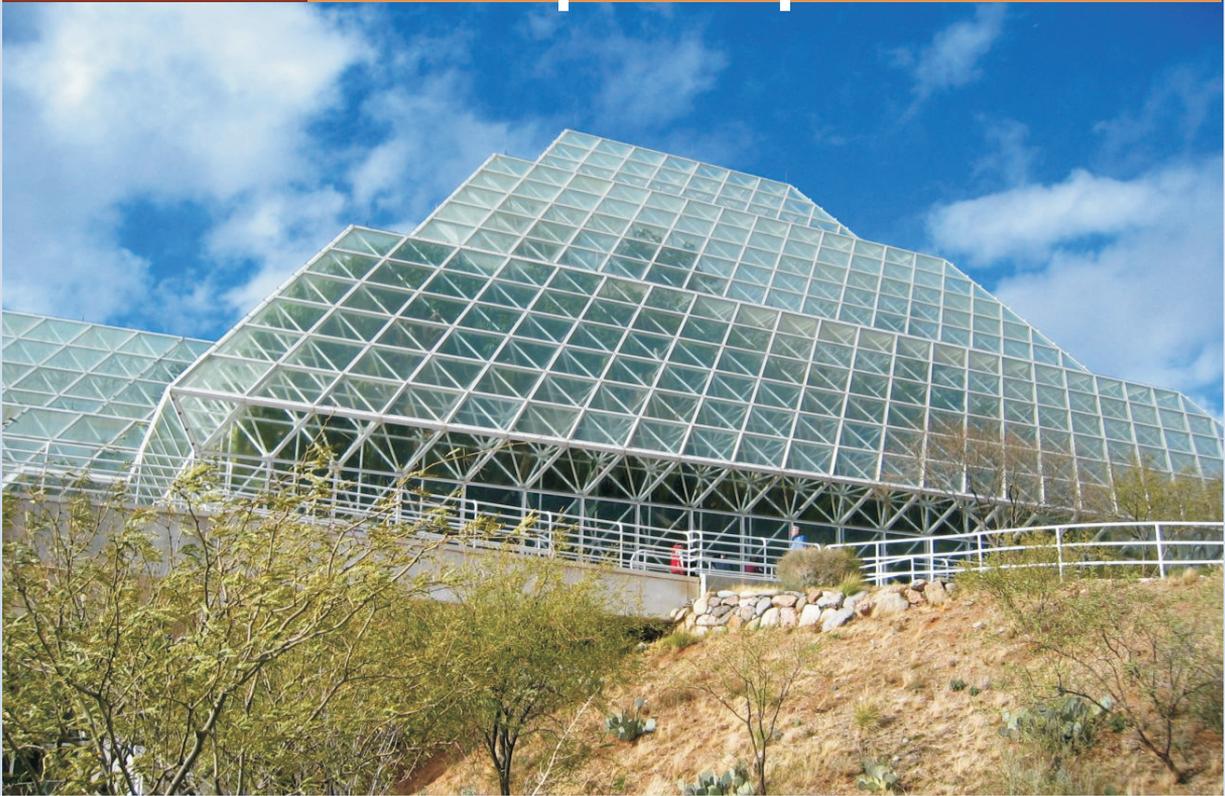
Los vestigios más antiguos de su producción, encontrados en el país, tienen alrededor de unos 7 mil años. Su presencia fue fundamental para la dieta y la cultura de las antiguas civilizaciones mesoamericanas. Actualmente no hay ningún país en América Latina que no siembre maíz, el cual es conocido con diferentes nombres: maíz, choclo, jojoto, corn, milho y elote.

Más allá de sus virtudes como alimento del que se pueden obtener harinas, hojuelas y pastas muy nutritivas, el maíz también es usado como ingrediente esencial para procesos industriales como la fabricación de plásticos biodegradables y productos farmacéuticos; y es la base de productos como el almidón, distintos aceites, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y biocombustibles.



RECUADRO

Proyecto Biosfera 2: un miniplaneta poco funcional

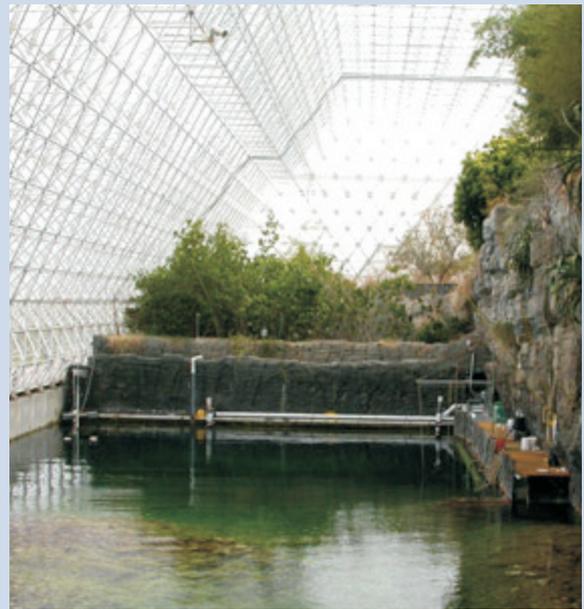


A finales de la década de los 80, un grupo de investigadores tuvo la idea de reproducir un pedacito de nuestra Tierra en un espacio reducido. Se buscaba conocer cómo podría la gente vivir y trabajar en un ambiente cerrado y cómo funcionarían distintos tipos de ecosistemas creados artificialmente. Los resultados de esta experiencia serían también útiles en futuros intentos para colonizar el espacio exterior y otros mundos.

Con un costo de 200 millones de dólares, el enorme invernadero que alojó el proyecto fue construido en 60 mil m² cerca de Tucson, en el desierto de Arizona, en Estados Unidos. En Biosfera 2 se reprodujeron siete ecosistemas: el desierto, el mar, la selva tropical lluviosa, la sabana tropical, los

manglares, los terrenos de agricultura intensiva y el hábitat humano; todo un mundo en miniatura con 3 800 especies de animales y plantas, además de 8 científicos. A pesar de la inversión y de su cuidadoso diseño, la operación del proyecto puso de manifiesto la imposibilidad de satisfacer las necesidades —de alimento y oxígeno, por ejemplo— de los 8 “biosferinautas” para los 2 años programados. Surgieron muchos problemas: disminuyó de forma peligrosa la concentración de oxígeno atmosférico y osciló fuertemente el dióxido de carbono, se extinguieron 19 de las 25 especies de vertebrados confinadas, crecieron en exceso ciertas especies de plantas, algas, hormigas, cucarachas y cigarras. Ni los heroicos esfuerzos de los científicos bastaron para hacer el sistema viable y sostenible.

La moraleja del proyecto *Biosfera 2* es sencilla: nuestro conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas, y cómo interaccionan las especies y sus ambientes, no es suficiente todavía para recrearlos y mantenerlos funcionando. De ahí la importancia de valorar, conservar y recuperar los ecosistemas, gracias a los cuales hemos podido alcanzar el nivel de desarrollo y bienestar de nuestras sociedades.



¿La extinción es un evento común en la naturaleza?

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, ya sea por causas naturales o humanas (Figura 3.13). La extinción es un fenómeno relativamente frecuente en la historia de la Tierra. Seguramente en más de una ocasión habrás escuchado o leído acerca de muchos tipos de animales y plantas que no habitan más la faz de la Tierra, como los dinosaurios, pterodáctilos, mamuts y los tigres dientes de sable, entre muchos otros (Figura 3.14).

Pero, ¿por qué se extinguen las especies? Las especies dejan de existir de forma natural cuando no se adaptan más al medio en el que viven, es decir, cuando son incapaces de reproducirse y sobrevivir de tal modo que sus poblaciones se conserven saludables. Esto puede ser consecuencia de diversos factores, entre ellos, el cambio en las condiciones climáticas. Por ejemplo, la Tierra ha pasado por épocas de climas fríos (glaciaciones) intercaladas por periodos de climas cálidos que

provocaron la extinción de muchas especies no acostumbradas a oscilaciones tan importantes en el clima. Pero, ¿cuánto vive una especie? Obviamente no podríamos decir que todas las especies se mantienen en la Tierra el mismo tiempo, sin embargo, los científicos han estimado que en promedio su permanencia podría oscilar entre los 5 y los 10 millones de años.

Se sabe de periodos en los que se extinguieron un número sorprendente de especies, en lo que comúnmente se conoce como las “extinciones masivas”. De éstas, destaca un grupo conocido como el de las “Cinco Grandes”, en las que en un lapso breve desapareció, por lo menos 65% de las especies del planeta, lo cual afectó animales marinos, peces, insectos y tetrápodos -animales con cuatro extremidades como los anfibios, mamíferos, aves y reptiles- (Figura 3.15).

La extinción ocurrida al final del periodo llamado Pérmico -cerca de 225 millones de años atrás-, desaparecieron entre 75 y 90% de las especies animales marinas existentes. No obstante, la extinción masiva más famosa sucedió hace 65 millones de años, al final del periodo Cretácico, y puso fin al reinado de 140 millones de años de los dinosaurios y en la que desaparecieron muchos otros animales.

3.13



De la cícada africana *Encephalartos woodii* tan sólo queda en el mundo una planta macho que no podrá reproducirse más. Se considera extinta en el medio silvestre. Es un ejemplo viviente de una especie que marcha irremediamente hacia la extinción.

Los científicos se han preguntado por mucho tiempo cuáles podrían haber sido los factores que originaron una pérdida tan significativa de la biodiversidad en el pasado. Para resolver la cuestión, se han planteado muchas hipótesis. En la actualidad, muchos científicos piensan que es muy probable que sean varios los factores responsables de producir las extinciones masivas a lo largo de la historia de la Tierra. Entre las más aceptadas están los cambios climáticos que en determinados periodos geológicos fueron relativamente severos y acompañados de un enfriamiento global repentino; los descensos en el nivel del mar ocasionaron 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 invernadero que pudieron alterar el clima.

Además, una nueva extinción de animales y plantas comenzó hace ya cerca de 40 mil años con el

desarrollo de la humanidad. Desde sus comienzos, nuestras actividades -como la caza- han afectado a las poblaciones naturales de muchas especies, llevándolas a la extinción. En la actualidad la causa principal de la pérdida de la biodiversidad es la destrucción de los ecosistemas, provocada principalmente, por su transformación a campos agrícolas y potreros. Le siguen en importancia la sobreexplotación de las poblaciones para su consumo o comercio, que en muchos casos se realiza de manera ilegal, la introducción de especies exóticas y el cambio climático global.

Entre muchos de los casos documentados de extinción causados por el hombre, podemos citar el de las moas gigantes (*Dinornis giganteus*) (Figura 3.16). Estas aves sin alas y de alrededor de 3.7 metros de altura y 250 kilogramos de peso, fueron los herbívoros dominantes de los ecosistemas boscosos de Nueva Zelanda. Antes de la llegada del hombre, su único depredador era el águila de Haast, ahora también extinta y considerada como el águila más grande que haya existido.

Algunas especies extintas en el mundo

3.14



Mamut
Mammuthus primigenius

Extinto desde hace 1.2 mil años



Tigre Dientes de Sable
Smilodon fatalis

Extinto hace aproximadamente 8 mil años



Tiranosaurio
Tyrannosaurus rex

Vivió a finales del período Cretácico, hace 68 mil millones de años

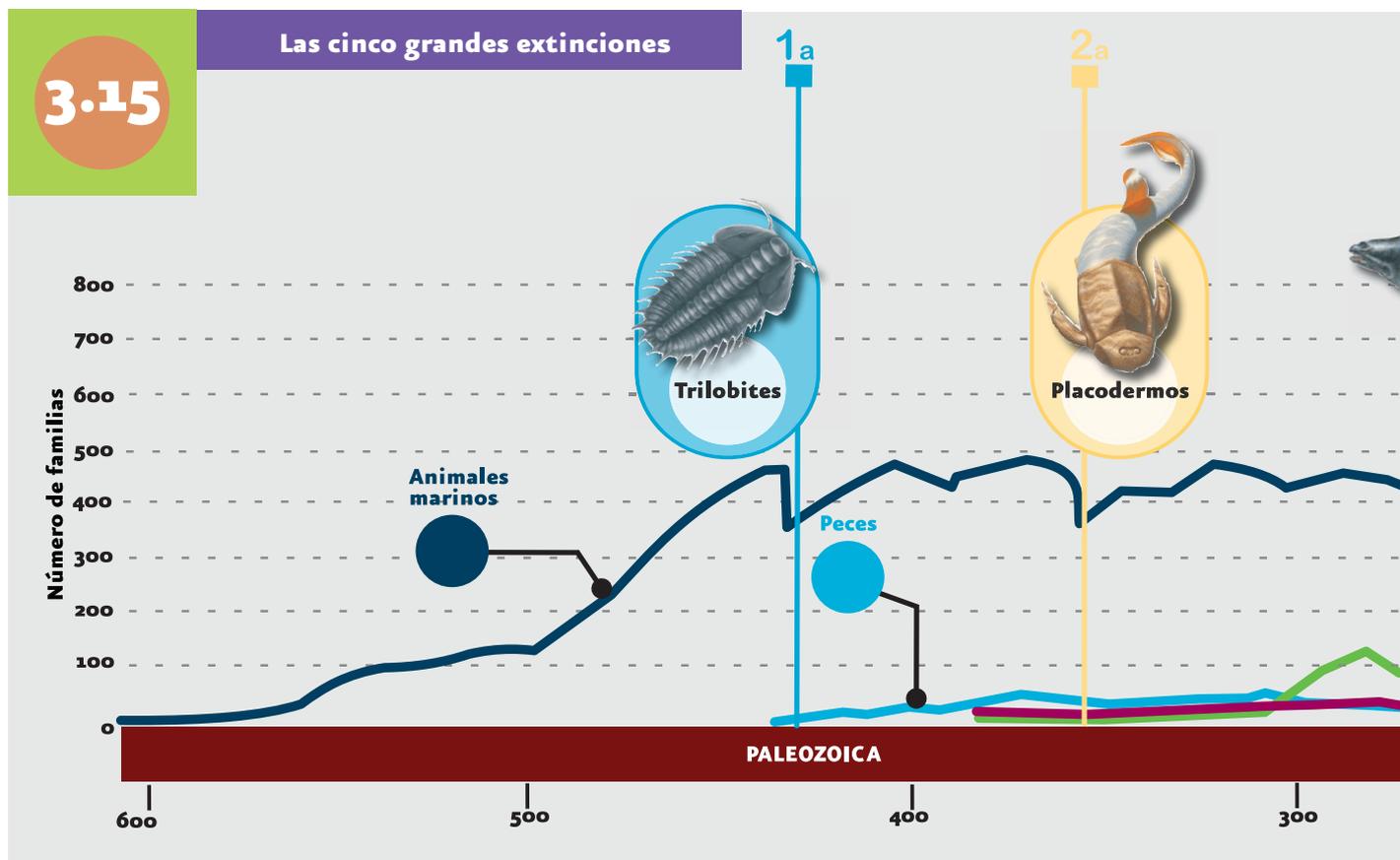
Al arribo del pueblo maori a la isla, las aves fueron cazadas y sus huevos colectados en gran número, al tiempo que su hábitat fue transformado para usos distintos al bosque original. Sin la posibilidad de reproducirse y sobrevivir a sus nuevos depredadores, finalmente se extinguieron. Se cree que las 15 especies de moas, entre ellas la moa gigante, ya estaban extintas alrededor del año 1500.

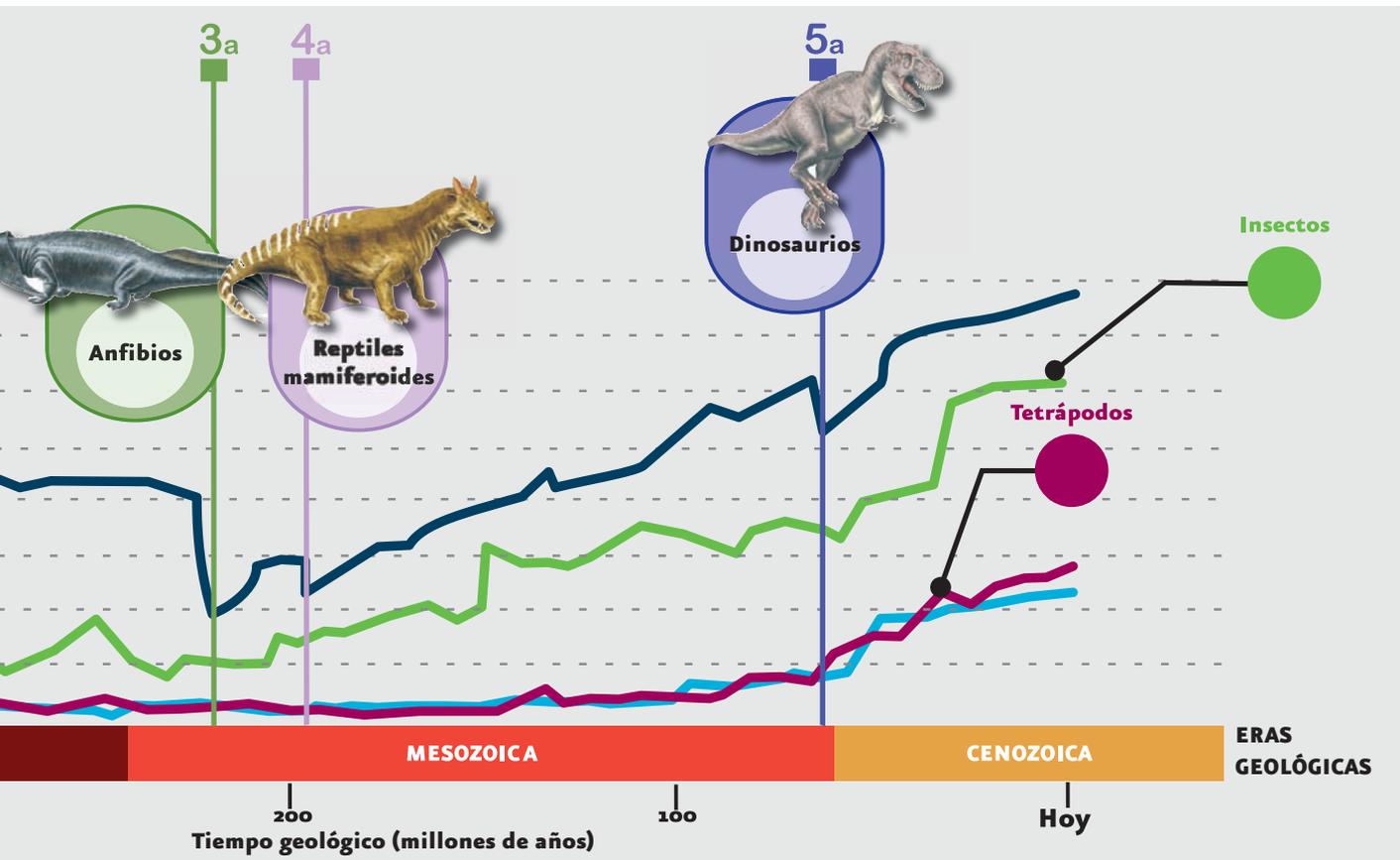
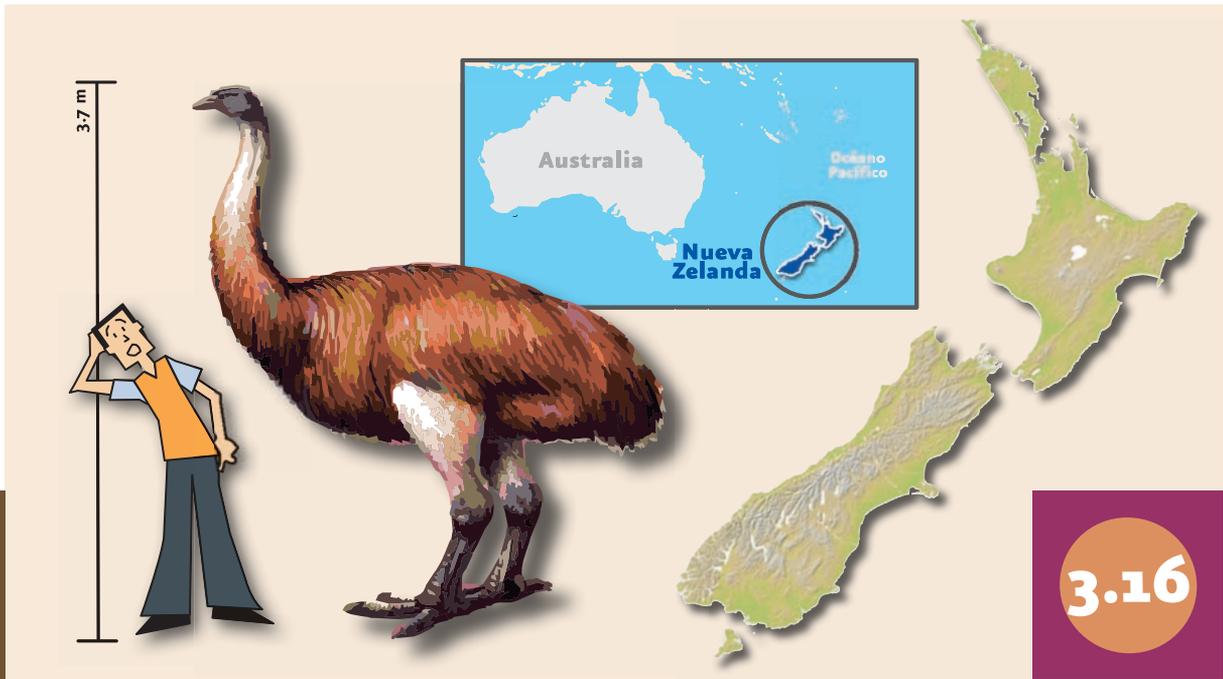
¿Qué tan rápido se están perdiendo las especies?

En virtud de que son un fenómeno natural, las extinciones siempre han existido y seguirán en el futuro. Aunque algunas personas utilizan este argumento para restar importancia a la grave crisis que enfrenta la biodiversidad hoy día,

debemos decir que la velocidad a la que perdemos especies es mucho mayor que la registrada en los últimos 65 millones de años, es decir, desde la época en la que se extinguieron los dinosaurios. Los científicos han calculado que tan sólo para el caso de las aves, la tasa de extinción de especies podría ser entre 26 y 100 veces mayor que la presentada en ausencia de los impactos causados por el hombre. Es decir, antes de que nuestro modo de vida impactara a los ecosistemas, una especie de ave se extinguía cada cien años, mientras que ahora ocurre cada uno o cuatro años.

La moa gigante (*Dinornis giganteus*) podía alcanzar los 3.7 metros de altura. Vivía en los bosques de Nueva Zelanda.





Según la Lista Roja de 2006 de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), el número de especies consideradas extintas en el mundo desde el año 1500 a la fecha es de 784: 85 de plantas, 698 de animales y una especie de alga roja. La misma organización reportó la extinción de 27 especies entre 1984 y 2004, entre ellas el sapo dorado (*Bufo periglenes*) (Figura 3.17) y la espada de plata de Hawaii (*Argyroxiphium virescens*). Aun cuando estas cifras son impresionantes, podrían quedarse cortas en comparación con las reales, debido a que no conocemos con precisión la cantidad de especies de todos los grupos biológicos conocidos ni de su distribución en los ecosistemas del mundo. Esto significa que de los grupos de los que tenemos menos información –como los hongos, los organismos microscópicos, los gusanos 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



El sapo dorado (*Bufo periglenes*) fue uno de los primeros indicadores del declive de los anfibios. Considerado abundante en Costa Rica, en 1989 se encontró un espécimen macho: el último registro de la especie.

RECUADRO

Las islas, pequeños refugios de la biodiversidad

Un punto interesante en el tema de la biodiversidad es la geografía de la extinción. Cualquiera podría pensar que las especies se extinguen por todos

lados, pero este fenómeno parece haberse concentrado en las islas. Debido a que la mayoría de



Aves extintas desde 1500

de los grupos más estudiados y conspicuos, como los mamíferos, aves, reptiles y anfibios, así como muchas familias de plantas (ver el recuadro *Las islas, pequeños refugios de la biodiversidad*).

En México se tiene registro que desde el año 1500 han desaparecido de sus ambientes naturales 4 especies de plantas y 37 de vertebrados (Tabla 3.2) entre las cuales se encuentran la foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*) –sobreexplotada por su piel y grasa-, el oso gris (*Ursus arctos horribilis*) y diversas especies de aves, como el caracara de Guadalupe (*Caracara plancus lutosus*), el petrel de Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*) y el carpintero imperial (*Campephilus imperialis*) (ver el recuadro *El pájaro carpintero imperial: triste pérdida de nuestra biodiversidad*). 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 ambientes

Tabla 3.2		Especies extintas	
			
Grupo			
Plantas	85		4
Peces	80		11
Anfibios	34		ND
Reptiles	22		ND
Aves	135		19
Mamíferos	70		7
Invertebrados	357		ND
Algas	1		ND
Total	784		41
ND: No disponible			

naturales ha pasado a ser la causa principal de pérdida de especies (Figura 3.18).

las especies que habitan estos ambientes insulares han evolucionado en ambientes particulares o en ausencia de grandes depredadores, son particularmente sensibles a las perturbaciones de su ambiente, a la sobreexplotación o a las especies invasoras. En los mapas notarás el gran número

de especies de aves que han desaparecido en las islas en comparación con las zonas continentales, sobre todo en el Pacífico –entre ellas Hawaii y las islas cercanas del archipiélago indonesio-, así como de mamíferos en las islas del Caribe.



Mamíferos extintos desde 1500



El pájaro carpintero imperial: triste pérdida de nuestra biodiversidad



El carpintero imperial (*Campephilus imperialis*) era el pájaro carpintero más grande del mundo. Medía entre 51 y 56 centímetros de longitud y vivía en los bosques templados mexicanos. Originalmente se encontraba desde el noreste de Sonora y el oeste de Chihuahua hasta el oeste de Durango y centro de Zacatecas, noreste de Nayarit, centro de Jalisco y el norte de Michoacán. Se alimentaba esencialmente de insectos, gusanos y larvas, los que podía encontrar durante todo el año bajo la corteza, en la madera de los árboles o en los suelos después de recogidas las cosechas.

Su extinción se debió principalmente a la tala inmoderada de los bosques de pino en los que vivía, a su explotación como alimento y con fines medicinales y a la cacería furtiva. Se calcula que sus poblaciones en el país no excedían los 8 mil individuos, pero bastaron tan sólo 40 años de explotación forestal para que el carpintero más grande del mundo, endémico de nuestro país, desapareciera. Aun cuando se tienen reportes de un par de individuos observados en Sonora y Durango —en 1993 y 1995, respectivamente—, se le considera extinto.

Cerca de 2 500 especies de la biodiversidad de México están consideradas en alguna categoría de riesgo y más de 1 200 especies se encuentran amenazadas o en peligro de extinción.

La alarmante pérdida de especies en el mundo ha alertado a los gobiernos de muchos países, así como a distintos organismos internacionales, y a la sociedad en general, acerca de la urgente necesidad de proteger a las especies que aún habitan los ecosistemas naturales. Una de las estrategias empleadas para este fin ha sido

la inclusión de muchas de las especies dentro de las llamadas listas de riesgo. Por medio de estas listas, los gobiernos de los países pueden establecer estrategias o programas encaminados a su protección y recuperación, lo cual podría eventualmente sacarlas de ellas.

3.18

Algunas especies
en riesgo de
extinción en
México

Quetzal
Pharomachrus mocinno



Águila arpía
Harpia harpyja



Guacamaya verde
Ara militaris



Águila real
Aquila chrysaetos



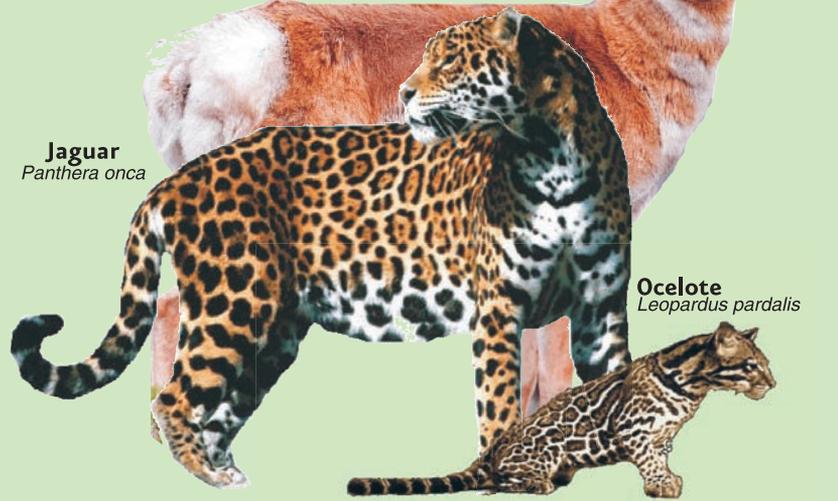
Berrendo
Antilocapra americana



Lagartija de collar reticulada
Crotaphytus reticulatus



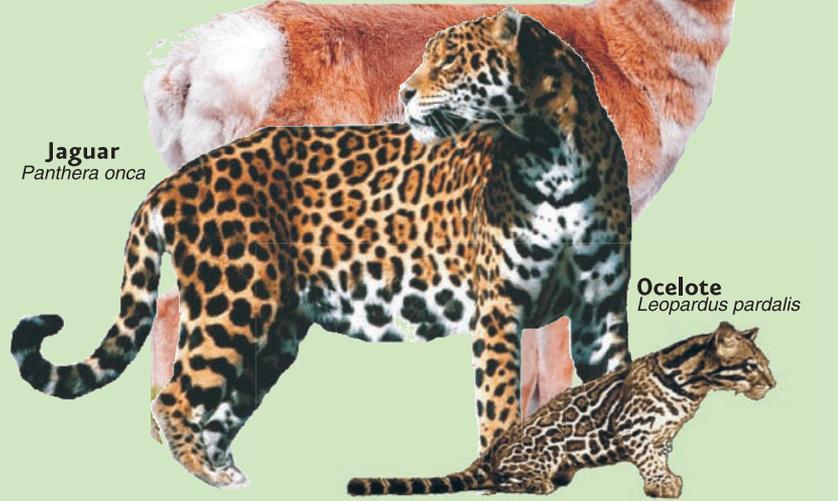
Jaguar
Panthera onca



Biznaga tonel dorada
Echinocactus grusonii



Ocelote
Leopardus pardalis



Lagarto de gila
Heloderma suspectum



De acuerdo con la Lista Roja que publicó la IUCN en 2006, poco más de 16 mil especies, entre animales y plantas, estaban amenazadas de extinción en el mundo (Tabla 3.3). Si calculamos el porcentaje de las especies de los distintos grupos biológicos que está en peligro, los resultados son alarmantes: cerca de 20% de las especies de mamíferos –entre ellas el oso polar (*Ursus maritimus*) y el hipopótamo (*Hippopotamus amphibius*)–, 31% de las de anfibios –destacando la rana dorada o arlequín (*Atelopus zeteki*) y 12% de las especies de aves –entre ellas el quetzal (*Pharomachrus mocinno*)– se encuentran amenazadas. Aunque para la IUCN cerca de 3% de las especies vegetales están amenazadas, hay científicos que calculan que, del total en el planeta, un tercio de ellas podría estar en estas condiciones.

El número de extinciones y de especies amenazadas en el mundo confirman que el planeta enfrenta una grave crisis. Y podemos decir que el futuro tampoco parece muy alentador. Los pronósticos señalan que la mitad de todas las especies de loros, patos e iguanas estarán extintas en 400 o 450 años. Asimismo, aproximadamente 50% de las especies de ciervos del mundo ya no pastarán en los bosques antes de terminar el presente siglo.

¿Cómo afectan las especies introducidas a la biodiversidad?

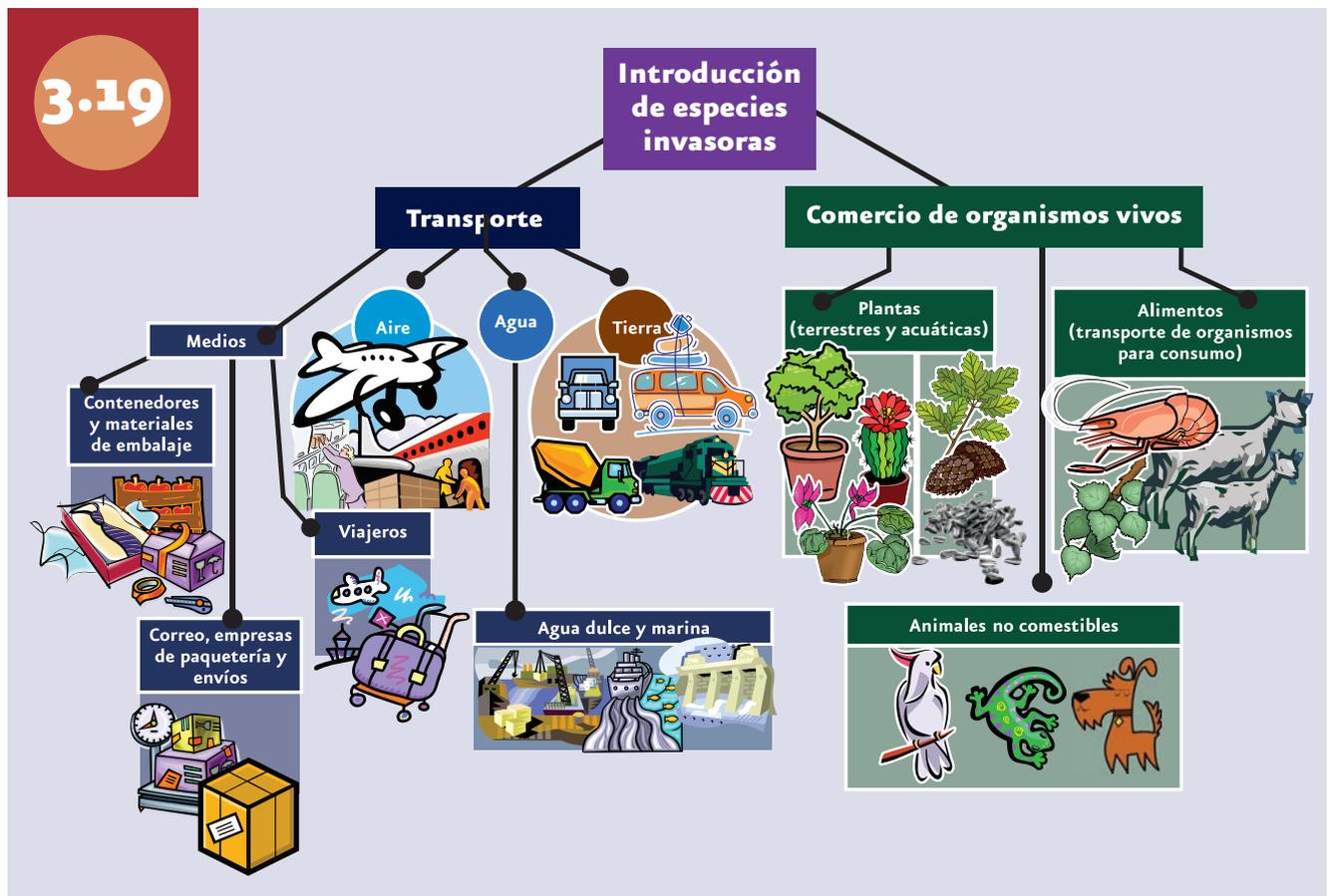
Uno de los fenómenos más espectaculares de la naturaleza es la migración de grandes poblaciones de animales entre regiones geográficas distantes. Buenos ejemplos son el viaje de la mariposa monarca desde el norte de los Estados Unidos y sur de Canadá hasta la zona central de México, y los de las numerosas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

Tabla 3.3		Especies amenazadas en algunos grupos taxonómicos en el mundo en 2006		
	Descritas	Amenazadas	% de especies amenazadas	
Vertebrados				
Mamíferos	5 416	1 093	20	
Aves	9 934	1 206	12	
Reptiles	8 240	341	4	
Anfibios	5 918	1 811	31	
Peces	29 300	1 173	4	
Invertebrados				
Insectos	950 000	623	0.07	
Moluscos	70 000	975	1.39	
Crustáceos	40 000	459	1.15	
Otros	130 200	44	0.03	
Plantas				
Musgos	15 000	80	0.53	
Helechos	13 025	139	1	
Gimnospermas	980	306	31	
Dicotiledóneas	199 350	7 086	4	
Monocotiledóneas	59 300	779	1	
Otros				
Líquenes	10 000	2	0.02	
Hongos	16 000	1	0.01	

El movimiento de especies de una región a otra es un fenómeno natural que puede ser causado por los cambios naturales en las temperaturas estacionales de los hábitats. Por ejemplo, al llegar el invierno, muchas especies migran hacia los trópicos para evitar los rigores del frío o en busca de alimento, como el caso de los ñúes en África, que se desplazan buscando pastizales con nuevos brotes. También la búsqueda de mejores condiciones para reproducirse es otro factor que puede promover migraciones, como en el caso de las ballenas gris y jorobada que paren a sus crías en las aguas del norte de México.

No obstante, los seres humanos hemos transportado, accidental o intencionalmente, desde milenios atrás a muchas especies lejos de sus ecosistemas originales. Entre las causas que han favorecido este movimiento son su empleo en la producción de alimentos, como plantas de ornato, para servir como trofeos de caza y pesca o como mascotas, entre otros. También accidentalmente, las especies pueden salirse de sus áreas de distribución asociadas a las rutas de comunicación –en el agua de lastre de los barcos, por ejemplo-, en los cargamentos de productos agrícolas o forestales o por el abatimiento de barreras geográficas mediante obras de ingeniería –como en el caso del canal de Panamá, que permitió la mezcla de especies marinas entre el Océano Pacífico y el Atlántico- (Figura 3.19).

La introducción de especies no es inocua, puede causar graves daños a los ecosistemas. Los organismos invasores o introducidos compiten con las especies nativas por alimento o espacios particulares dentro del hábitat, lo cual con el tiempo, podría llevar a la extinción de las especies nativas y a la reducción de la biodiversidad del ecosistema o la región en cuestión. La extinción de las especies nativas y la colonización de las especies introducidas provoca que la composición original de los ecosistemas se altere, que algunas especies se desplacen a otros sitios para evitar a sus nuevos depredadores, y que se introduzcan y propaguen una gran variedad de enfermedades, como ocurre con las plagas agrícolas y forestales.



La magnitud de este problema es tal que se calcula que aproximadamente 17% de las extinciones de especies animales recientes en todo el mundo pudo ser por la introducción de especies invasoras. Tan sólo hasta hace unos años nos hemos empezado a dar cuenta del grave error que hemos cometido al introducirlos en sitios en los que no estaban con anterioridad ya que, ahora se reconoce que la introducción de especies, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad del planeta.

El gato común, por ejemplo, es una especie cuya distribución natural cubría Europa, Medio Oriente y África, pero ahora está prácticamente

en todo el globo y ha sido uno de los principales depredadores de fauna silvestre cuando ha escapado y se ha adaptado a la vida silvestre. Un caso bien conocido de sus impactos ocurre en la Isla Isabel, en el occidente de México, donde estos felinos pusieron en seria condición de riesgo a la población de la golondrina de mar, conocida como “pericota”, que allí anida. Mayores datos al respecto los podrás encontrar en el recuadro *Las islas y las especies invasoras*.

Otro ejemplo actual que amenaza a la biodiversidad mexicana es el de la palomilla del nopal, cuyo nombre científico es *Cactoblastis cactorum*. Esta especie de insecto, nativa de Argentina y otros países de América del Sur, pone sus huevos en



3.20

Larva y adulto de la palomilla del nopal *Cactoblastis cactorum*. Este insecto posee una gran capacidad de destrucción en plantaciones y poblaciones silvestres de nopales. Se considera que una sola colonia, formada por unas 60 larvas, puede consumir por día de dos a cuatro pencas, causando serios daños como la putrefacción, el decaimiento y la muerte de la planta.

las pencas de los nopales, los cuales al eclosionar producen larvas que se alimentan vorazmente del tejido de la planta, lo cual puede, en algunos casos, llegar a matarlas. Esta especie fue utilizada con gran éxito para erradicar a los nopales en Australia en 1925 –considerados como especies invasoras-, pero cuando se liberó en las Islas del Caribe, se transformó en una poderosa plaga. Esta polilla representa una amenaza para México debido a que tenemos la mayor diversidad de especies de nopales del mundo, muchos de ellos de importancia alimenticia (Figura 3.20).

En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) se ha encargado de obtener información sobre la situación de las especies invasoras en el país. En 2006 la Conabio identificó, de manera preliminar al menos 800 especies invasoras, que incluyen 665 plantas, 77 peces, 2 anfibios, 8 reptiles, 30 aves, 16 mamíferos y 2 especies de invertebrados. Los ecosistemas terrestres registran más especies invasoras (683), seguidos por los ecosistemas acuáticos continentales (85) y los ecosistemas marinos (8). A estas cifras habría que sumarles el número de especies invasoras que sin estar aún verificada su presencia en nuestro país, representan un riesgo al encontrarse en regiones vecinas, además de las que ya se encuentran en México y no han sido monitoreadas. Las especies invasoras que habitan nuestro país provienen prácticamente de todos los continentes y se han introducido en muchos de los ecosistemas nacionales.

¿Cómo afectan la caza, colecta y pesca a las poblaciones silvestres de plantas y animales?

Nuestras actividades productivas y de consumo, la caza, la colecta –de plantas principalmente- y la pesca son las que más afectan el equilibrio ecológico de los ecosistemas. No obstante, son

importantes en virtud de que suministran alimento para una gran proporción de la población del mundo. Por ejemplo, en 2004 la pesca representó 20% de las proteínas de la dieta de 2 600 millones de personas.

La caza, colecta y pesca reducen el tamaño de las poblaciones de las especies objetivo; esto es, las poblaciones quedan al final con menos individuos de los que tenían antes de estas actividades. Tal vez pienses que esto podría no ser importante en poblaciones de muchos individuos, pero aún en ellas, el daño puede ser importante. Estas reducciones afectan la capacidad natural que tienen las poblaciones para recuperarse a sus niveles originales, principalmente por las dificultades de los individuos para sobrevivir, encontrar parejas y por tanto, reproducirse.

Uno de los ejemplos más representativos de las consecuencias de la sobrepesca en los ecosistemas naturales es el de la anchoveta (*Engraulis ringens*). Este pequeño pez, muy abundante en las costas de Perú y Chile, se emplea para la fabricación de harina de pescado por su alta calidad, una de las mejores del mundo. La pesca de esta especie creció de manera desmedida en la década de los años cincuenta del siglo pasado, siendo ya en 1960 una de las más importantes en el mundo por el volumen de su pesca, que alcanzaba cerca de 12 millones de toneladas por año. Sus altas tasas de explotación, junto a las fluctuaciones climáticas naturales –como el fenómeno de El Niño-, golpearon severamente la pesquería, causando en los años ochenta su virtual extinción, al menos desde el punto de vista comercial. Esto afectó no sólo a las poblaciones de la anchoveta, sino también a las especies de aves que se alimentaban de ella –incluidas las especies productoras de guano como el guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), el piquero (*Sula variegata*) y el alcatraz (*Pelecanus occidentalis thagus*)- (Figura 3.21).

La mayor parte de las islas mexicanas se encuentran alrededor de la Península de Baja California. En estas islas habita una gran variedad de especies, muchas endémicas, siendo famosas por las grandes colonias de aves y mamíferos marinos que en ellas se reproducen. Aunque no existen ahí poblaciones humanas permanentes, en al menos 30% se realizan actividades económicas, tales como el turismo y la extracción de guano, yeso y sal.

Sin embargo, con la llegada del hombre a las islas, arribaron también gatos domésticos, ratas, ratones y cabras. Estas nuevas especies, introducidas de manera intencional o accidental, constituyen hoy día una seria amenaza para su flora y fauna. En el caso de Isla Guadalupe, se crió una población de cabras con el objeto de abastecer de carne a los barcos balleneros que transitaban por ahí. La ausencia de depredadores facilitó su multiplicación que, según estimaciones recientes, ascienden a cerca de 30 mil individuos. Las cabras han acabado con gran parte de la vegetación original, reduciendo los bosques a 4% de su extensión original, causando prácticamente la extinción del enebro endémico (*Juniperus californica*) y reduciendo dramáticamente la población del encino *Quercus tormentella*, también endémico.

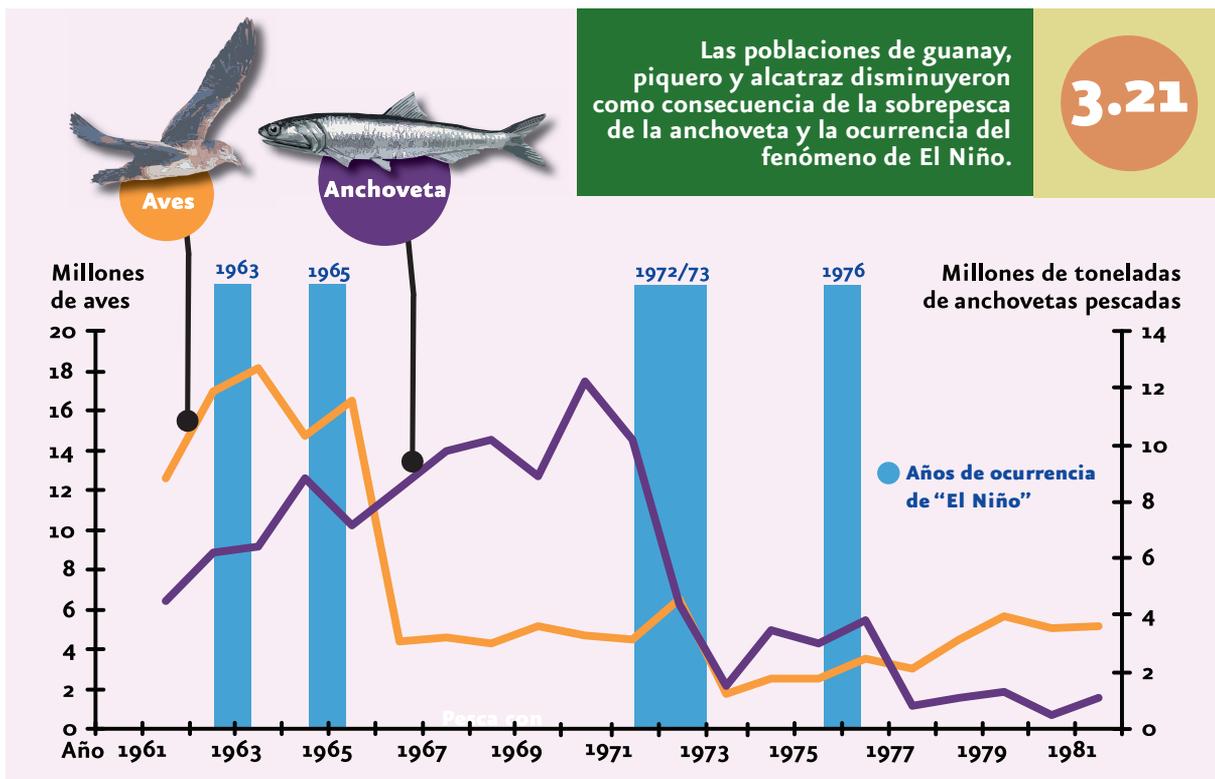
En Isla Isabel, situada en las costas del estado de Nayarit, las especies nativas también sufrieron por las especies invasoras. En esta isla, las ratas y gatos fueron introducidos hace más de ocho décadas. Los gatos alcanzaron una de las densidades más altas en todas las islas del planeta, con 113 gatos por kilómetro cuadrado, causando graves impactos en las poblaciones de aves. La más afectada fue la pericota (*Sterna fuscata*), que al anidar en el suelo era presa fácil de estos felinos. En 1995 se erradicaron los gatos y desde entonces se realiza un monitoreo cada temporada de anidación, en el que se estima el número de parejas y el éxito reproductivo de las pericotas.

Actualmente se llevan a cabo esfuerzos de erradicación de fauna introducida en varias islas del Golfo de California, algunos de ellos sumamente exitosos, como el de Isla Rasa, en donde a la fecha se han eliminado las poblaciones de rata negra y ratón casero. Sin embargo, la preservación de las islas y sus especies depende también de la planificación de las actividades económicas y del desarrollo de programas de educación ambiental y restauración de los ecosistemas dañados.

Enebro (*Juniperus californica*) en Isla Guadalupe



Pericota (*Sterna fuscata*) en Isla Isabel



Este último ejemplo ilustra perfectamente los efectos indirectos que la caza o la pesca pueden tener en los ecosistemas. Cuando los individuos de alguna especie desaparecen por estas actividades, los de las restantes especies que dependían de ellos –ya sea por ser su alimento o su polinizador, por ejemplo– también sufren por su ausencia. Cuando se cazan a los grandes depredadores –por ejemplo, a pumas y coyotes en los ecosistemas terrestres, o al atún y a los tiburones en los marinos–, las poblaciones de sus presas y especies competidoras pueden crecer desmedidamente, alterando la estructura y la función de los ecosistemas.

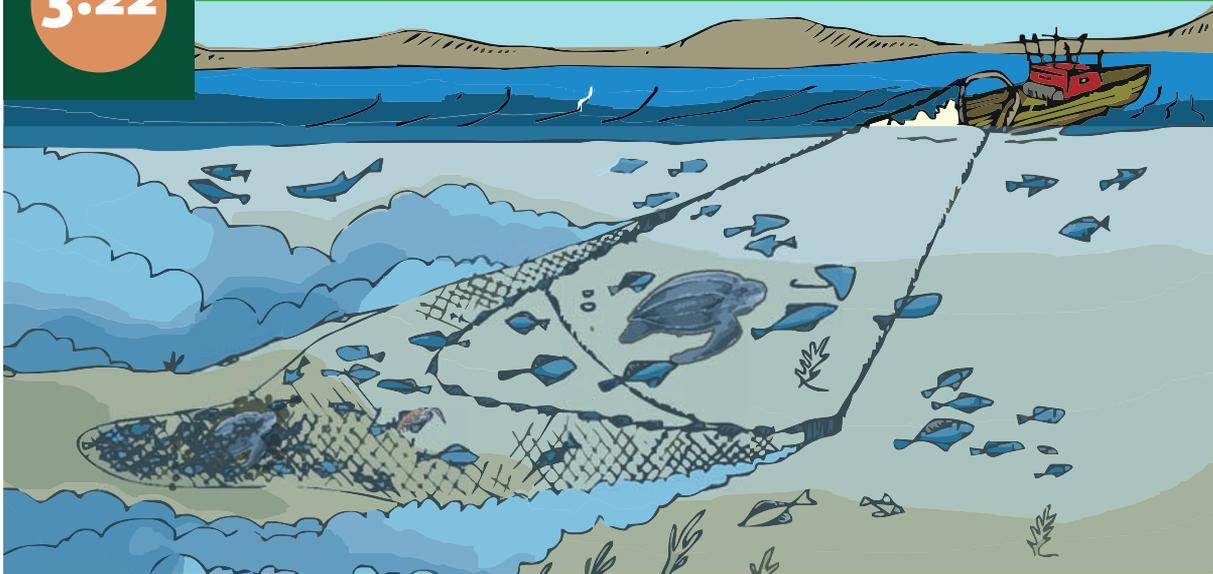
Otro ejemplo del daño indirecto que causa el aprovechamiento de una especie sobre su ecosistema es el de la pesca del camarón. Los camarones pasan la mayor parte de su vida adulta en el fondo marino, por lo que para sacarlos es necesario emplear redes que barren el fondo, conocidas como “redes de arrastre”. El problema

es que este tipo de aprovechamiento también afecta a las especies que comparten el hábitat de los camarones: al barrer el fondo marino, las redes también lastiman a esponjas, corales y gusanos marinos, llegando incluso a atrapar a tortugas marinas (Figura 3.22). Podrás imaginarte el daño a la biodiversidad marina nacional si te decimos que tan sólo en el año 2000 en el Océano Pacífico, las redes camaronerías barrieron una superficie marina equivalente a dos veces el estado de Chihuahua.

Todo lo anterior ha hecho que la idea que teníamos de los recursos naturales del planeta como fuentes inagotables cambiara en décadas recientes. Ahora entendemos que los recursos naturales no son infinitos a pesar de que algunos de ellos puedan tener la capacidad de recuperarse, es decir, aquéllos a los que llamamos recursos renovables.

3.22

Se estima que un solo remolque puede barrer un área de entre 7 200 y 72 mil m² en un lapso de 10 minutos.



También comprendemos que su agotamiento, debido a una explotación desmedida, puede afectar a las especies con las que comparten los ecosistemas, lo que produce que los ecosistemas se alteren. La lección es entonces muy clara: si deseamos seguir cazando y pescando a las poblaciones silvestres de muchas especies sin ponerlas al borde de la extinción, debemos hacerlo de una manera racional para que las futuras generaciones también puedan emplearlas y disfrutarlas.

¿Qué son los organismos genéticamente modificados y cuáles sus posibles impactos en el medio ambiente?

A lo largo de muchos millones de años, la naturaleza ha producido miles de nuevas especies por medio de la incorporación de características a los organismos. Algunas tan importantes y notorias como las plumas, que les permiten

el vuelo a las aves, o el pelo, que protege de la intemperie al cuerpo de los mamíferos, y otras tan sutiles como el color del plumaje o el cambio en el tono del canto de un ave. Este proceso de cambio es, puesto en términos muy sencillos, lo que los biólogos llaman evolución.

La evolución es, sin embargo, un proceso muy lento: son necesarios cientos o quizá miles de generaciones para que una nueva característica sea común a todos y se pueda hablar de una nueva especie o variedad. Sin embargo, en algún momento de su historia, el hombre se dio cuenta de que podía intervenir en la modificación de ciertas características de las especies. Desde hace miles de años, los campesinos y los criadores de ganado utilizan intensamente la cruce selectiva para modificar plantas y animales con el fin de obtener nuevas variedades con características nuevas, tales como el sabor, el color o el valor nutricional, de tal modo que les proporcione un mayor beneficio del que obtenían de los ancestros de dichas especies.

Un ejemplo claro de este tipo de cruce selectiva lo podemos observar en los perros. Si un criador deseaba obtener perros con pelambre lisa, entonces permitía la cruce de perros con pelambre lisa y no con perros de pelo rizado. Al paso de muchas generaciones obtenía perros con pelambre liso. Con esta misma idea, se modificó la especie original para crear 339 razas de perros que varían en tamaño, pelaje, coloración e incluso, carácter (Figura 3.23).

En la actualidad, a este tipo de mejoramiento genético tradicional, conocido como selección artificial, se le ha unido el avance de la biología, que se vale de distintas herramientas para combinar la información genética de especies que no se cruzarían en la naturaleza. Lo que hasta hace algunos años era cuestión de ciencia ficción –como una planta de tabaco fluorescente- ahora es una realidad con los llamados organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos (Figura 3.24).

Los OGM pueden definirse como aquellos en los que su material genético –es decir, sus cadenas de ADN- ha sido modificado artificialmente con genes de otras especies para transferirle características particulares. Se pueden, por ejemplo, extraer de los peces de agua fría los genes que les ayudan a resistir las bajas temperaturas para introducirlos en tomates y que éstos puedan sembrarse en sitios susceptibles a sufrir heladas, o utilizar algunos genes de bacterias para producir variedades de maíz resistentes a herbicidas. En el recuadro *¿Cómo se hace un transgénico?* puedes ver, la manera en que la biotecnología construye este tipo de organismos.

Aun cuando este notable avance científico parecería que podría resolver muchos de los problemas que enfrentan la agricultura, la ganadería o la medicina actuales, para muchos sectores sociales (académicos, grupos indígenas, organizaciones no gubernamentales, etc.) plantea una serie de cuestiones éticas, ambientales,

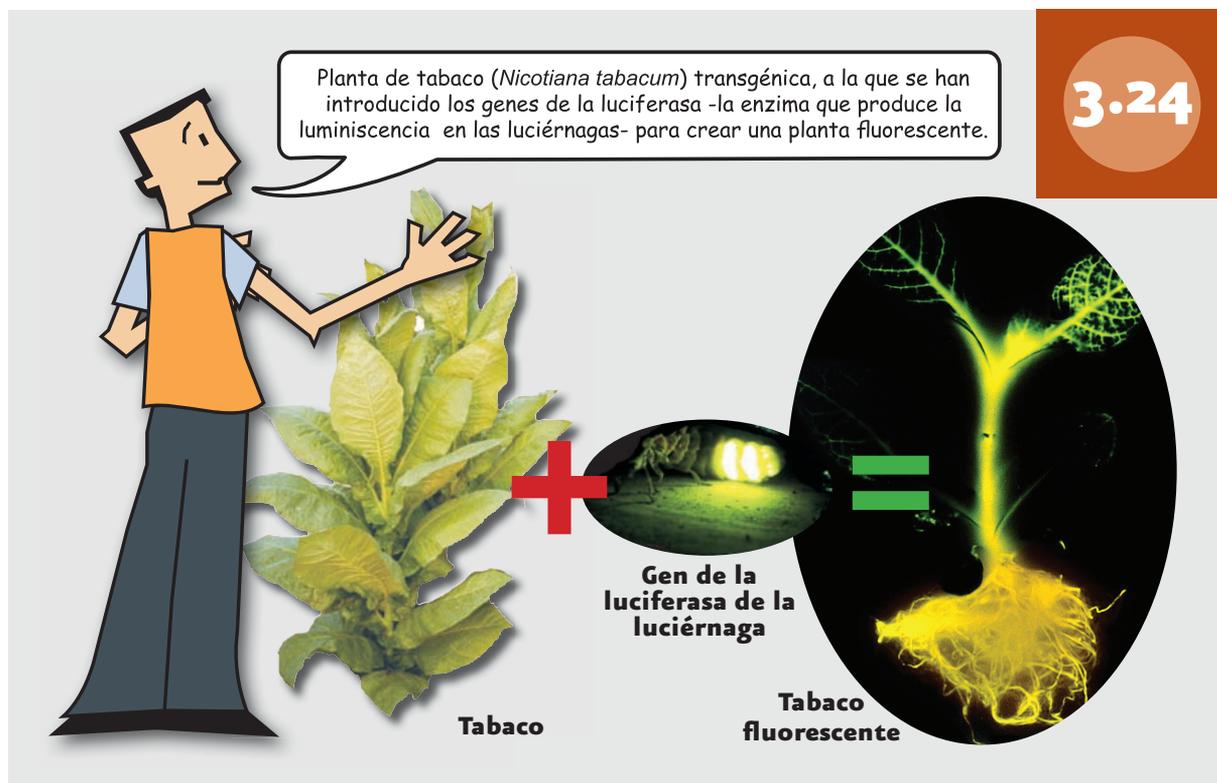


sociales y de salud que se deben analizar antes de hacer extensivo su uso. Afirman que, siendo la biotecnología una disciplina tan nueva, todavía no es posible conocer con certeza cuáles serán sus efectos en el ser humano y la naturaleza. Esta preocupación ha situado a los OGM en un lugar destacado en el debate público.

En años recientes se han discutido ampliamente los beneficios y peligros de los OGM sobre la salud humana y el medio ambiente. La posibilidad de que los OGM escapen del control humano y alteren el equilibrio de la naturaleza es una preocupación para muchos científicos y organizaciones internacionales. En caso de dispersarse hacia el medio silvestre, los OGM podrían provocar modificaciones inesperadas en los ecosistemas, pues es posible que los genes introducidos en ellos puedan transferirse a especies silvestres relacionadas con las variedades modificadas.

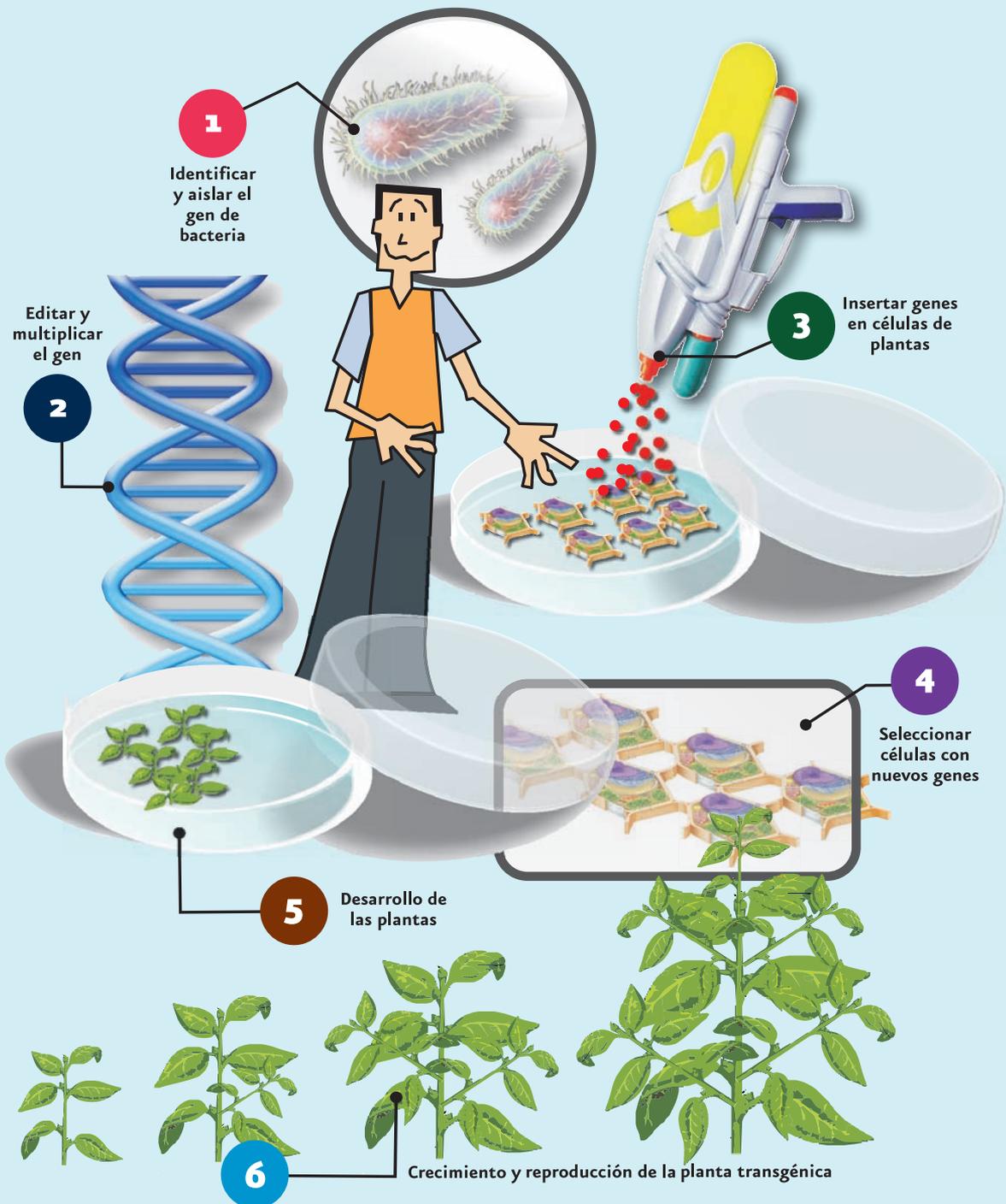
Con el tiempo, esta situación llevaría a las poblaciones silvestres a perder gran parte de su acervo genético natural acumulado a lo largo de miles de años, principalmente porque los nuevos organismos tendrían ventajas sobre los silvestres y podrían sobrevivir y reproducirse más exitosamente.

Mucho se ha dicho que la contaminación de las poblaciones silvestres podría resultar muy perjudicial, particularmente en las zonas geográficas próximas a los centros de origen de especies de importancia económica, alimenticia o cultural –como es el caso del maíz en el estado de Oaxaca-. De liberarse OGM en estas zonas y difundirse los nuevos genes, podríamos perder un banco o reservorio natural muy importante. A pesar de que en México la siembra de maíz transgénico está prohibida, se ha encontrado evidencia de contaminación en diversas variedades de maíz tradicional en varios estados de la República.



RECUADRO

¿Cómo se hace un transgénico?



¿Qué puedo hacer...?

En casa o en tu comunidad:

- Cultiva plantas nativas de tu región. Si tienes un jardín o compartes una zona verde comunitaria, cultiva plantas de la región, ya que no dañarán el ecosistema local.

- No compres especies de flora y fauna silvestre no autorizadas. En el mercado se ofrece una gran cantidad de mascotas, productos, comida y medicina alternativa a partir de especies silvestres, muchas de ellas en peligro de extinción. Cada vez que compras una especie silvestre no autorizada o un producto elaborado a partir de ella, eres cómplice del tráfico ilegal y contribuyes al daño a los ecosistemas y a la extinción de las especies.

- Participa en campañas de repoblación de los bosques.

Si sales al campo o de vacaciones:

- Planea tus vacaciones. Infórmate sobre los destinos turísticos que son respetuosos con el ambiente. Pregunta si las instalaciones o el complejo turístico que visitarás cuentan con medidas de protección del ambiente.
- Participa en actividades recreativas que formen conciencia respecto al ambiente, como las caminatas ecológicas y los ciclopaseos.



- Respeta la naturaleza. Si viajas por carretera no dejes basura, no lastimes la vegetación –arrancando ramas o flores-, no colectes partes o plantas completas y no captures o mates animales.

- Nunca alimentes a los animales en su entorno natural, porque puede alterar su comportamiento y afectar su capacidad natural de alimentación y sus mecanismos de supervivencia.

- No liberes ningún animal ni arrojes semillas que hayas adquirido en algún local o encontrado libres en la naturaleza, ya que podrían convertirse en especies invasoras.

- Antes de encender una fogata, asegúrate de que está permitido hacerlo y lleva tu propia leña. Los animales pequeños utilizan la madera muerta y los rastrojos como alimento y refugio. Ubica la fogata lejos de las plantas secas y extínguela completamente antes de irte.

Lecturas y páginas de internet recomendadas

<http://www.conabio.gob.mx/>
<http://www.unep.org/themes/biodiversity/>
<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/>
<http://www.fao.org/biodiversity/index.asp?lang=es>



Bibliografía

Bradford, K., R.W. Henry, A. Aguirre, C. García, L. Luna, M.A. Hermosillo, B. Tershy y D. Croll. El impacto de los gatos introducidos (*Felis catus*) en el ecosistema de Isla Guadalupe. En: Santos, K. y E. Peters (Comps.). *Isla Guadalupe: restauración y conservación*. Semarnat. México. 2005.

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

Conabio. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México*. Conabio. México. 2006.

Conabio. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. Conabio. México. 1998.

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.

Dirzo, R. y P.H. Raven. Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment Resources* 28: 137-167. 2003.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. Conabio-UNAM. 1994.

Gibbs, W. On the termination of species. *Scientific American* 285: 40-49. 2001.

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

IUCN. The IUCN Red List of the Threatened Species. IUCN Species Survival Commission. 2006. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>

Leakey, R. y R. Lewin. *La sexta extinción. El futuro de la vida y la humanidad*. Colección Metatemas. Tusquets. España. 1997.



Bibliografía



Medellín, R. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto Uo2o. México. Disponible en: www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/doctos/presentacion.html

Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human well-being: Biodiversity Synthesis*. Island Press. Washington. 2005.

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

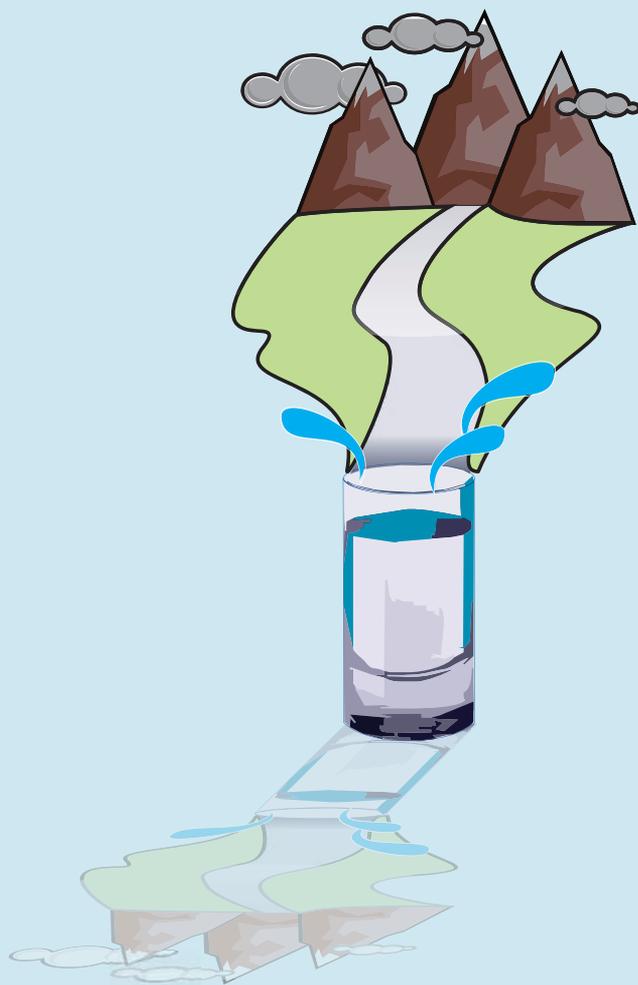
Secretariat of the Convention on Biological Diversity. *The Value of Forest Ecosystems*. Montreal. CBD Technical Series No. 4. 2001.

Shahid-Naeem, C, F.S. Chapin III, R. Costanza, P.R. Ehrlich, F.B. Golley, D.U. Hooper, J.H. Lawton, R.V. O'Neill, H.A. Mooney, O.E. Sala, A.J. Symstad y D. Tilman. Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. *Issues in Ecology* 4: 1-14. 1999.

UNEP-WCMC. *In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs*. UK. 2006.

Wilson, E. O. *El peligro de una nueva extinción*. El Correo UNESCO. Disponible en: http://www.unesco.org/courier/2000_05/sp/doss13.htm. 2000.

Agua



4

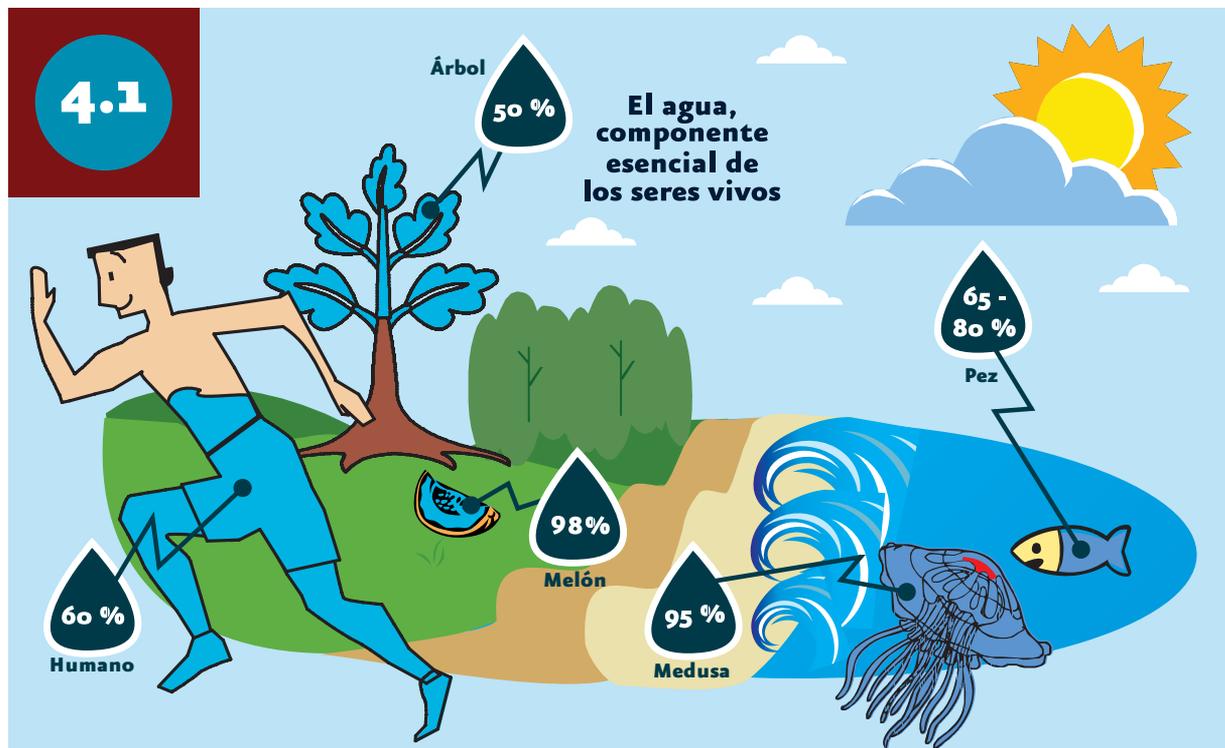
Agua

El agua y su problemática

Empezar este tema con la conocida frase “El agua es vida”, te puede parecer como que nos faltó imaginación, pero déjanos decirte que fue con pleno conocimiento de lo que significaba. Sin esta sustancia, aparentemente simple, no sería posible la existencia de la vida como la conocemos, de hecho, tan importante es, que la presencia de agua en otros planetas o la luna, sería considerada la primera evidencia de la posible existencia de vida en esos lugares.

Según una de las teorías sobre el origen de la vida en nuestro planeta, fue en un ambiente acuoso donde se formaron los primeros organismos hace unos 3 mil 500 millones de años y durante muchos años, los organismos habitaron únicamente ambientes acuáticos. Hoy en día, el agua sigue formando parte importante de las plantas y los

animales, aún de aquellos que viven en ambientes donde el agua es un recurso muy escaso, como serían los desiertos. El agua constituye parte importante de la materia que forma los vegetales, animales y el ser humano (Figura 4.1). El cuerpo de un bebé tiene 83% de agua y el de un hombre adulto 60%. En los animales, el contenido de agua varía entre 60 y 90%, observándose casos extremos, como la medusa de mar con 95%. En las plantas también hay una alta variación, pero sigue siendo un componente muy importante; el agua constituye cerca de 98% del peso del melón o la uva; en la papa representa 80% y en un árbol, incluido su tronco leñoso, puede representar alrededor de 50%. Sin agua no podrían realizarse funciones vitales de los organismos como la alimentación y la eliminación de desechos y las plantas no podrían realizar la fotosíntesis, que permite la generación de alimentos para los niveles superiores de la cadena alimenticia.



Por si nos faltaran más evidencias para comprobar que el agua es muy importante, van algunas más, ahora relacionadas con la salud humana. Aunque una persona puede sobrevivir sin consumir alimentos por un largo período de tiempo, sólo podrá vivir sin beber agua, alrededor de una semana. Ante la falta de agua el cuerpo humano se deteriora rápidamente: al perder alrededor de 5 a 6% del total de agua comenzamos a mostrar síntomas como somnolencia, dolor de cabeza, náuseas y hormigueo en brazos o piernas; si la pérdida es mayor, por ejemplo entre 10 y 15%, se pierde parcialmente el control muscular, la piel se seca y se arruga, comienzan los problemas con la vista e, incluso, las personas pueden empezar a delirar; si la pérdida rebasa 15% es muy posible que muera.

Además de ser indispensable para la vida, nosotros empleamos el agua en nuestras actividades diarias, por ejemplo, cuando nos bañamos, cocinamos y regamos las plantas. También la usamos en la agricultura; en la actividad minera

que utiliza enormes volúmenes para sus procesos de separación y purificación de productos; en la industria textil y la que trabaja con pieles; en fin, podemos seguir añadiéndole más actividades y llegaríamos a la misma conclusión: el agua es un elemento indispensable para el funcionamiento y desarrollo de nuestras sociedades (Figura 4.2).

No sólo nosotros dependemos del agua para subsistir, también en los bosques, selvas y otras comunidades naturales, el agua es indispensable tanto para la supervivencia de las plantas y los animales, como para que puedan darse los flujos de nutrientes que mantienen a los ecosistemas. La descomposición de la hojarasca y restos de las plantas y animales es un proceso fundamental para incorporar nutrientes esenciales al suelo que son utilizados por las plantas y este proceso se hace muy lento si no hay suficiente agua. Algunos ecosistemas están muy relacionados con el agua aunque ésta sea muy escasa. En los desiertos, la temporada de crecimiento y reproducción de plantas y animales frecuentemente se da en un



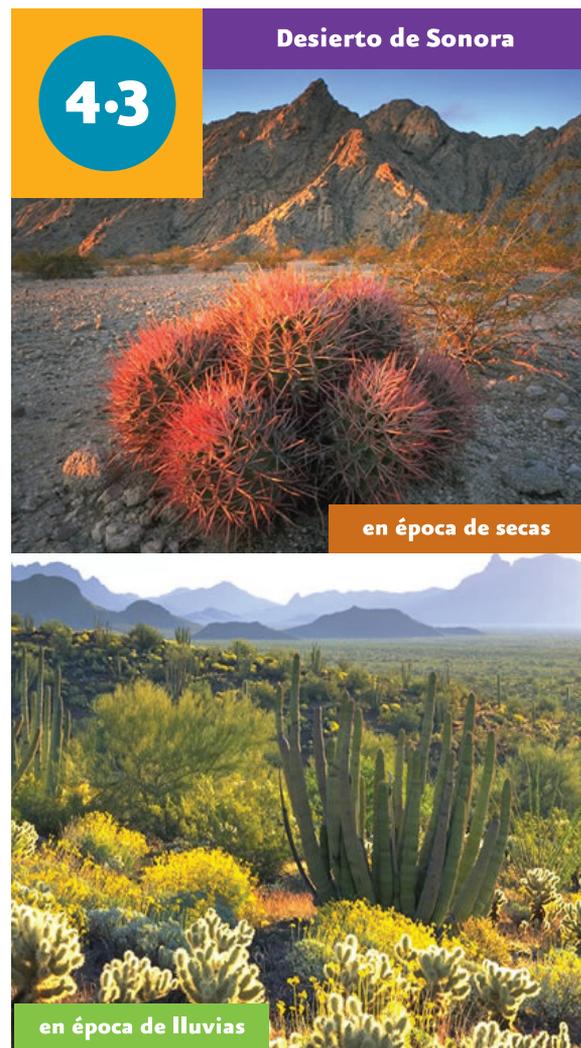
periodo de apenas unas pocas semanas al año cuando tienen la fortuna de que llueva. Algunas especies de sapos que viven en estos sitios, pasan la mayor parte de la temporada seca enterrados en estado de sopor, esperando las lluvias; y muchas especies de plantas pierden sus hojas o “subsisten” durante la temporada seca del año en forma de semillas. Es realmente impresionante ver las diferencias entre una zona árida de las muchas que tenemos en el país entre la temporada seca del año, donde prácticamente todas las plantas están sin hojas y se ve poca actividad de los animales, y la lluviosa con las plantas con hojas y flores, y un cúmulo de especies de insectos, aves y otros animales en plena actividad (Figura 4.3).

¿Dónde se encuentra el agua?

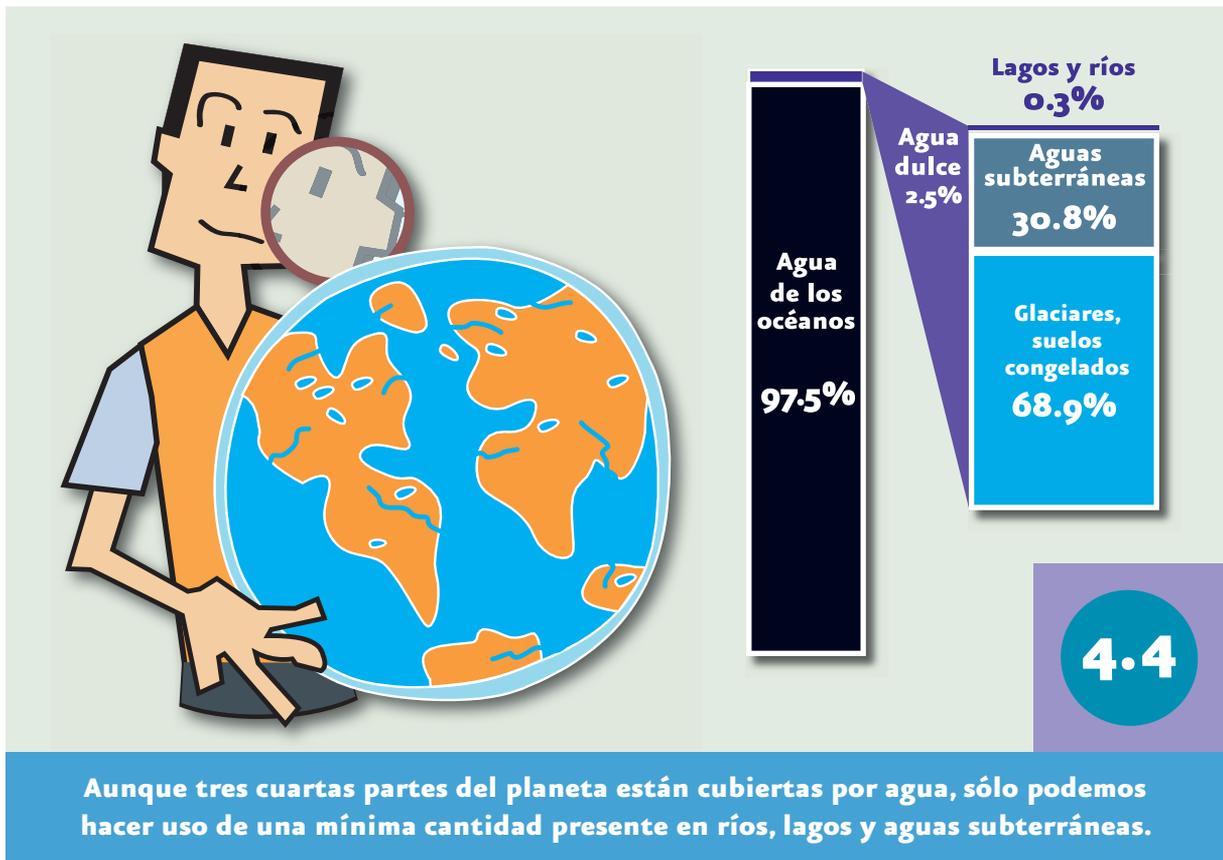
El agua es uno de los elementos más familiares en el mundo, no es pura coincidencia que a la Tierra también se le llame el planeta azul: en estado líquido se halla en lagos, ríos y presas, en depósitos subterráneos (llamados acuíferos) y ocupa los mares y océanos circundantes; en estado gaseoso se presenta como vapor de agua en la atmósfera; y en estado sólido cubre las regiones polares y las montañas más altas en forma de hielo o nieve.

De acuerdo con las últimas estimaciones, en nuestro planeta hay unos mil 400 millones de km³ de agua. Esa cifra seguro te parece enorme, pero para tener una mejor dimensión de lo que representa, te diremos que si la superficie de la Tierra fuera “lisa” (esto es, que no tuviera ni montañas ni barrancas) esa cantidad de agua sería suficiente para cubrir toda la Tierra con una capa de 2.7 kilómetros de espesor: unas 9 veces la altura de la Torre Eiffel o 14 veces la Torre Latinoamericana de la Ciudad de México.

Aunque el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, como puedes ver en la Figura 4.4, 97.5% es



agua salada contenida en los mares y los océanos y sólo 2.5% es la llamada agua dulce, que realmente no es que sepa dulce sino que tiene pocas sales disueltas. Esta última, en su mayoría, se encuentra en glaciares y capas de hielo, principalmente en Groenlandia y la Antártica. También una porción importante se encuentra atrapada en depósitos subterráneos profundos de difícil acceso y sólo 0.3% de esta agua dulce se localiza en lugares que podríamos llamar accesibles -como los lagos y ríos- para ser utilizada por los seres vivos de las zonas continentales, incluyendo al hombre. Como podrás ver, realmente no tenemos tanta agua “útil” como pensamos.



Los lagos y lagunas son los principales depósitos de agua dulce superficial en el planeta. El volumen de agua que contienen es 40 veces mayor que el de los ríos y arroyos, incluyendo a los grandes ríos como el Nilo y el Amazonas.

El lago Baikal en Rusia es el lago más grande, más profundo y más antiguo del mundo, y almacena 27% del total de agua dulce contenida en los lagos del mundo. Sin embargo, si sumáramos la superficie de todos los lagos, lagunas y presas del mundo apenas cubrirían 2% de la superficie terrestre, lo que nos reafirma el hecho de que el agua dulce puede ser un bien “escaso”.

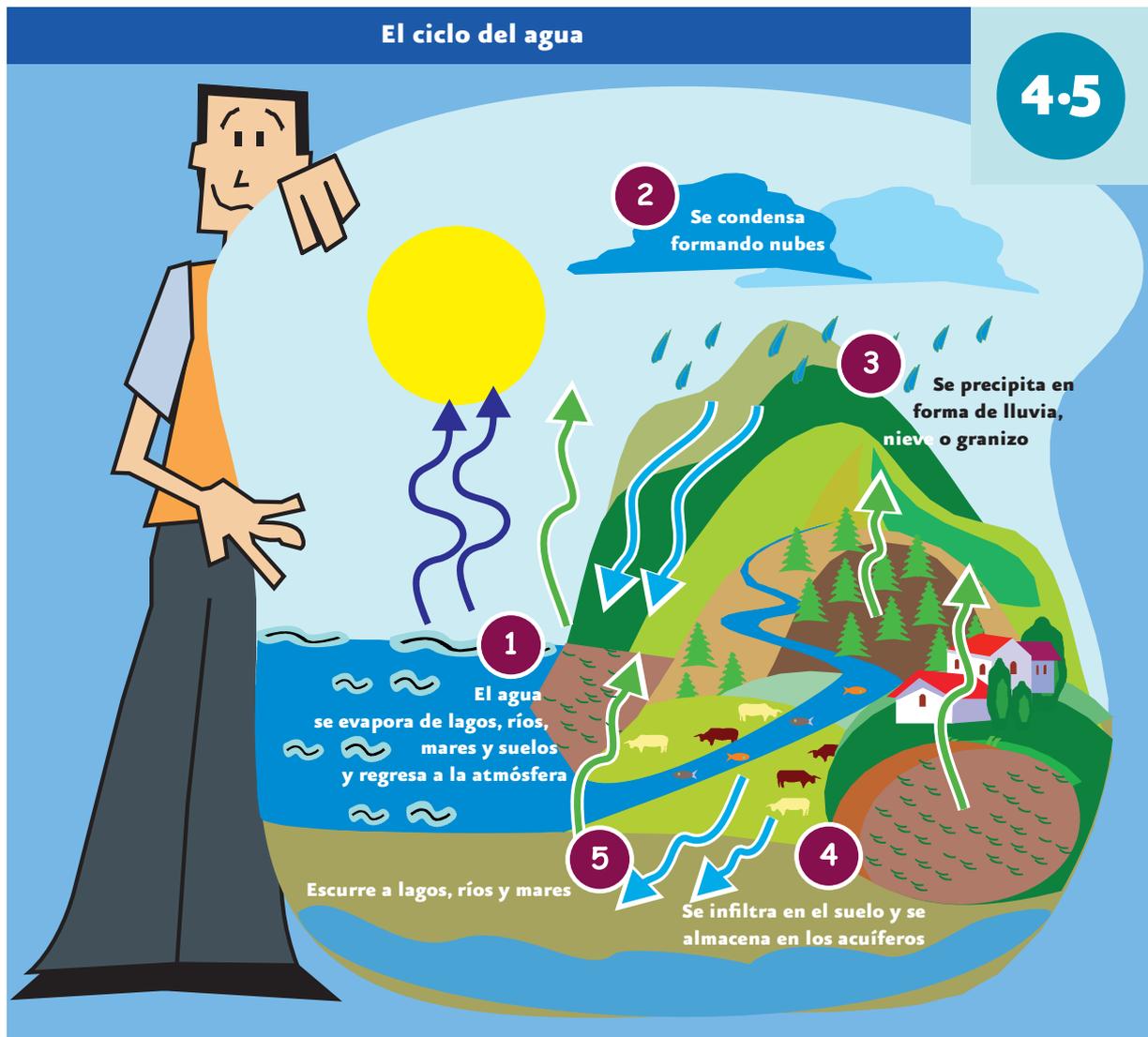
Independientemente de su cantidad, la importancia del agua es mayor por su movimiento en la naturaleza. Existe un flujo continuo del

Al agua dulce se le llama así por tener una baja concentración de sales minerales disueltas. Un litro de agua dulce tiene más o menos 0.1 gramos de sales disueltas, mientras que el agua salada, como la que se encuentra en los mares, puede contener entre 33 y 39 gramos de sal.

agua conocido como ciclo del agua (o ciclo hidrológico). Aunque como todo buen ciclo, el hidrológico no tiene un principio y un fin (Figura 4.5), la evaporación del agua del mar y de las aguas superficiales de los ríos y lagos, y la transpiración de los seres vivos, son consideradas como el inicio del ciclo. A través de este proceso, se incorporan

pequeñas partículas de agua en la atmósfera que, mediante el proceso de condensación forman las nubes (que son esencialmente vapor de agua) y luego son transportadas por acción del viento. Cuando se da una combinación de saturación de humedad en el aire con una disminución de temperatura, el agua contenida en las nubes se libera ya sea en forma de lluvia, granizo o nieve para depositarse nuevamente en la superficie terrestre. Mucha de la lluvia cae nuevamente en el mar, pero cuando ésta cae en tierra firme

comienza su movimiento: si escurre por la superficie pasa a formar parte de los ríos, lagos y demás cuerpos de agua, si se infiltra (percola) en el suelo puede moverse por debajo de éste o depositarse en enormes depósitos subterráneos llamados acuíferos. El agua que circula por los ríos y arroyos, así como una buena parte de lo que se infiltró en el suelo, termina su camino en el mar. Con la acción del calor, el agua líquida vuelve a evaporarse, y el ciclo sigue así continuamente. Este ciclo mueve anualmente unos 577 mil km³ de



agua; sin embargo la mayor cantidad de agua que existe en el planeta se mantiene en sus depósitos, los mares y los hielos perpetuos de las regiones polares.

Los habitantes de la costa oriental de Veracruz conocen muy bien el ciclo del agua. Cuando el Sol evapora agua del mar se incorpora al aire que luego se dirige por acción de los vientos alisios a la costa. Cuando el aire caliente y lleno de agua se topa con las montañas de la Sierra Madre Oriental se eleva y enfría, soltando el agua que lleva, ocasionando las muy frecuentes lluvias en esta zona (Figura 4.6).

La distribución del agua dulce no es homogénea en el planeta. Si le preguntan a un Saharai que habita la porción occidental del desierto del Sahara les dirá que por esas zonas raramente se asoma

el agua, mientras que los habitantes de Taipei en la península de Tailandia o de Houshaoliao en el oriente de China, te dirán que es raro cuando no llueve un día y más raro aún cuando tienen días soleados en la temporada de monzones. En México también tenemos esos contrastes, en San Felipe, Baja California cada año reciben sólo unos pocos días con lluvia, mientras que la región de Teapa en Tabasco, es una de las más lluviosas del país y cada año llueve en promedio el equivalente a 4 m³ de agua por cada metro cuadrado de su territorio (Figura 4.7).

A nivel mundial las regiones de Asia y América del Sur son las que cuentan con la mayor cantidad de recursos hídricos, en contraste con los del Medio Oriente, Norte de África y Oceanía, cuyos recursos hídricos son inferiores a los 2 mil km³ (Figura 4.8).



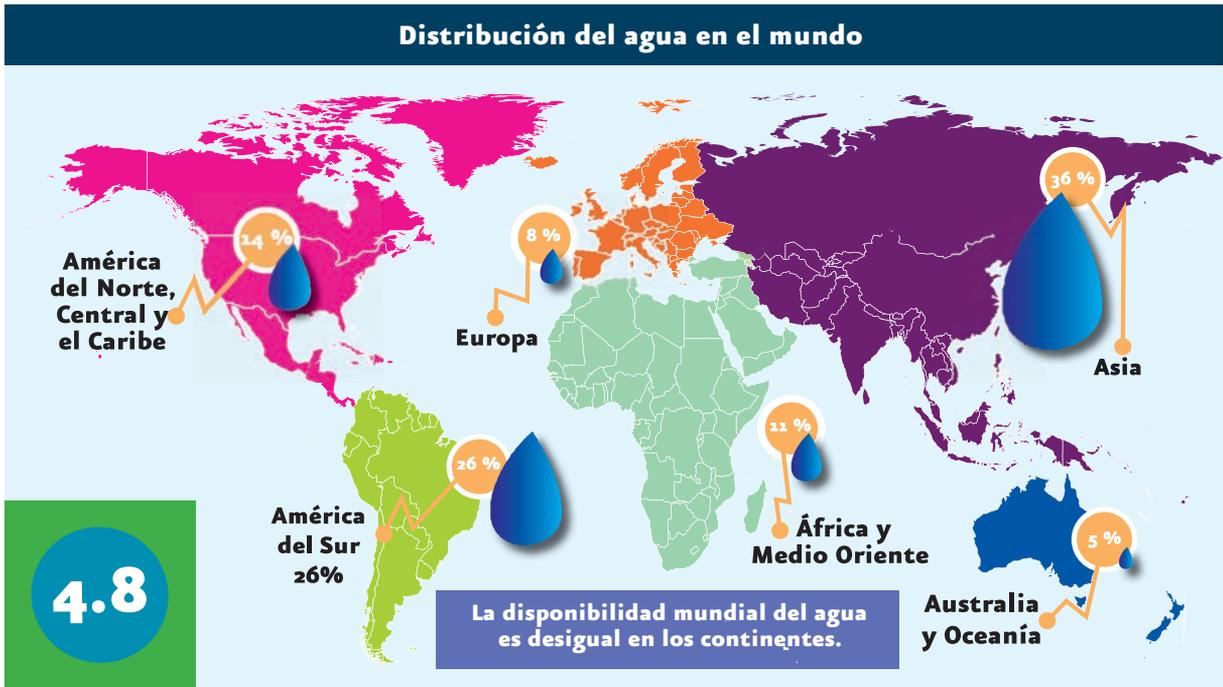
4.7**Precipitación media anual 1941-2005****En México, ¿cuánta agua tenemos?**

Después de este panorama de la situación mundial es hora de que aterricemos en la situación de México, pero primero te explicaremos como se calcula la disponibilidad de agua. El procedimiento es sencillo y lo ilustraremos utilizando la analogía de algo que tenemos muy cercano, nuestro presupuesto. Si partimos de una condición en que no teníamos ahorrado nada de dinero, la cantidad que uno “dispone” o tiene de dinero en un momento es el resultado de la diferencia entre lo que se ganó (por salario, ventas, herencia, rifas,

Las lluvias constituyen la principal fuente de agua para todos los usos humanos y de los ecosistemas: mantiene a los bosques, selvas, matorrales y tierras de pastoreo y cultivo no irrigadas.

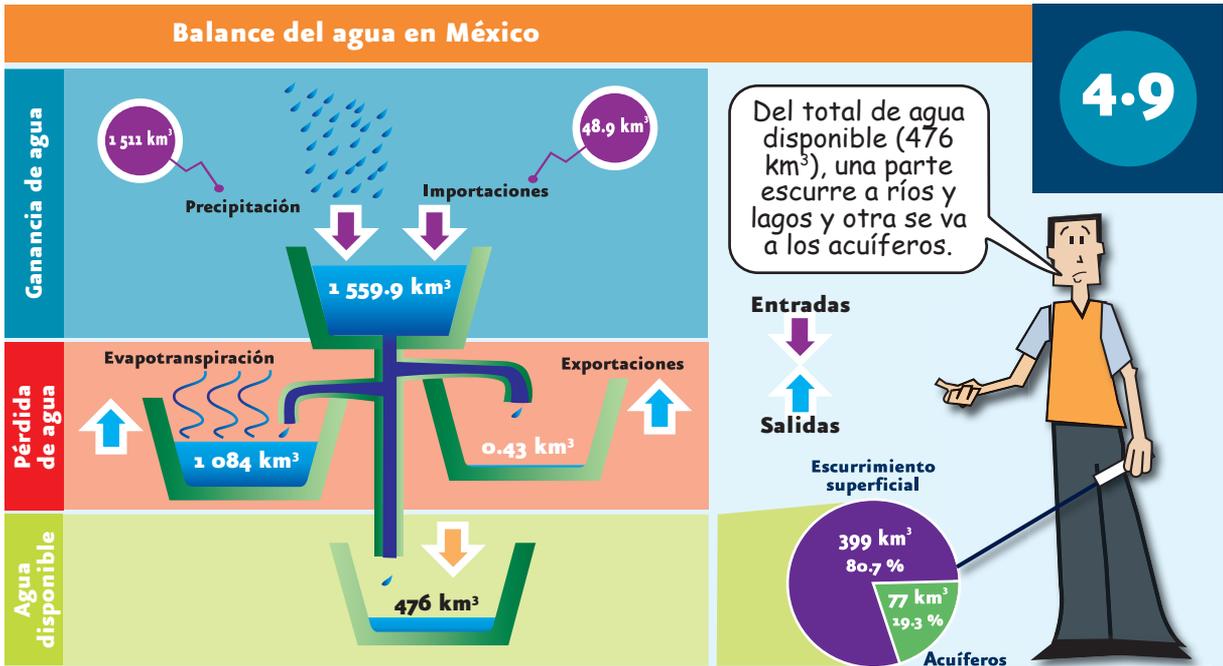
etcétera) y lo que se gastó (o perdió) durante ese mismo periodo. Para el caso del balance de agua, la cantidad de agua disponible en nuestro país se calcula como la diferencia del agua que entra a todo nuestro territorio principalmente a través de la lluvia y las salidas, que en este caso son principalmente por la transpiración de las plantas y la evaporación directa de los cuerpos de agua y el suelo.

Según el Servicio Meteorológico Nacional, el país recibe en promedio cada año unos 1 511 km³ de agua, que expresado en la forma en que se mide la cantidad de lluvia equivaldrían a 772 mm (Figura 4.9). Los poco más de 1500 km³ de agua no es una cantidad nada despreciable, ya que serían suficientes para llenar, por ejemplo, una alberca de un kilómetro de profundidad del tamaño del Distrito Federal. Para completar el balance de agua, a este volumen, se le deben de agregar 48.9



km³ de agua que se reciben de Estados Unidos a través del río Colorado y de Guatemala con el caudal del río Grijalva; esto da un total para el país de 1 559 km³ en promedio cada año. En lo que

respecta a las salidas, los datos son los siguientes: la mayor parte (1 084 km³ en promedio) regresa a la atmósfera por evapotranspiración y es la que absorben las plantas por las raíces y transpiran



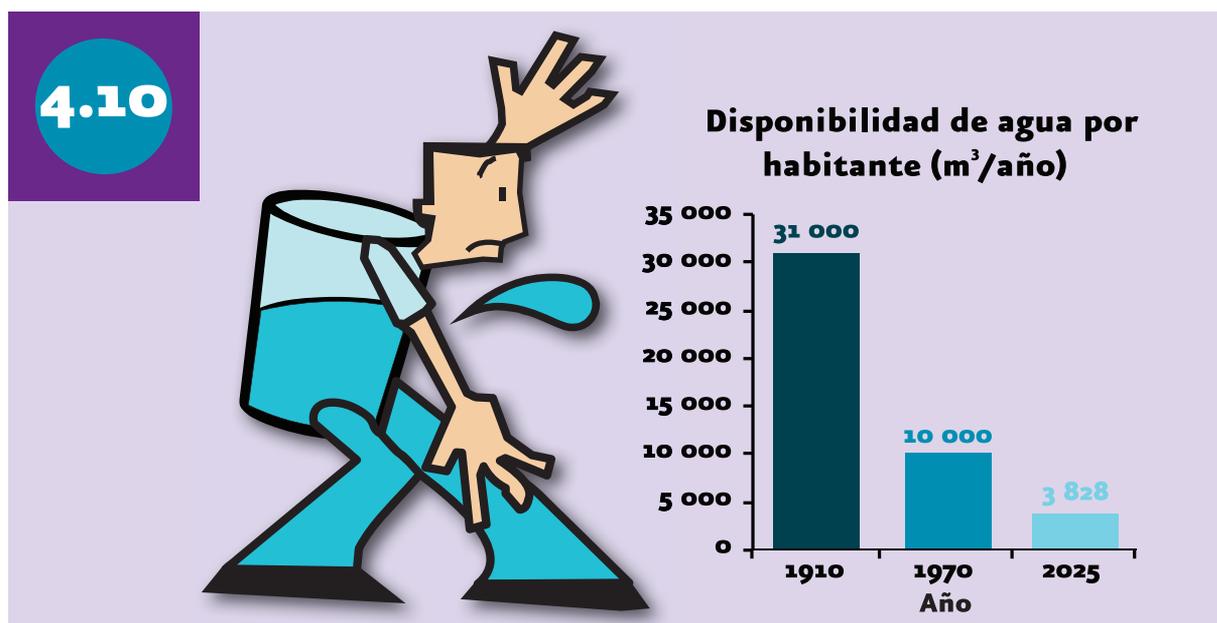
por sus hojas; las “salidas” se completan con una pequeña fracción (0.43 km³) proveniente del Río Bravo que es entregada a Estados Unidos de acuerdo al Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales firmado entre los dos países en 1944. Así, el volumen de agua disponible (llamada en términos técnicos “disponibilidad natural media”) es de 476 km³ de agua en promedio cada año.

Aunque los 476 km³ son el balance nacional, la realidad es que dentro del país existen diferencias muy grandes en cuanto a la disponibilidad de agua. La mayor parte de la zona centro y norte del país es árida o semiárida y recibe poca lluvia; los estados norteños que abarcan cerca de 50% de la superficie del país apenas reciben 25% del total de lluvia. En contraste, en los estados del sur-sureste: Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco que representan sólo 27.5% del territorio nacional reciben casi la mitad (49.6%) del agua de lluvia. Baja California Sur es

el estado que recibe en promedio menos agua de lluvia en nuestro país y Tabasco el más lluvioso; para ponerlo en términos más ilustrativos, un metro cuadrado de terreno en Baja California recibe en promedio 13 veces menos agua de lluvia cada año que una superficie equivalente en el estado de Tabasco.

Dado lo importante que es el agua para la salud y el desarrollo de los países, se han propuesto varias formas de medir la cantidad de agua que se tiene para el desarrollo de las actividades productivas y para satisfacer las necesidades básicas de la población. Una de las más conocidas es la llamada “disponibilidad de agua por habitante” que se obtiene simplemente de dividir la disponibilidad natural de agua (esto es, la cantidad de agua que se recibe por lluvia o nieve menos la cantidad de agua que se evapora o transpira por las plantas) entre el total de la población.

Si dividimos la disponibilidad media natural del país entre el total de los habitantes, se



tiene que la cantidad de agua por habitante en el año 2005 fue de 4 mil 573 m³, una cantidad considerablemente menor a la que teníamos, por ejemplo, en 1910 que era en promedio de 31 mil m³ por habitante al año (Figura 4.10). Si ya te estabas haciendo ilusiones de qué hacer con el agua que te tocaría, es importante remarcar que los 4 mil 573 m³ de agua, equivalentes a más de 4 mil tinacos por año, no es lo que cada uno de nosotros tiene disponible para su uso. Como no tenemos la capacidad de almacenar toda el agua que recibimos de las lluvias, la mayor parte, simplemente escurre por los arroyos y ríos hacia el mar. Antes de que pienses que, esto es un desperdicio de agua, te diremos que esa agua es muy necesaria para que los ríos y lagos del país puedan seguir funcionando y brindándonos sus valiosos servicios ambientales (para más detalle

La distribución del agua en el mundo es sumamente desigual, 5 países tienen 50% del total del agua: Canadá, Brasil, Rusia, China e Indonesia.

sobre lo que son los servicios ambientales y su importancia te recomendamos leer el capítulo de *Biodiversidad*).

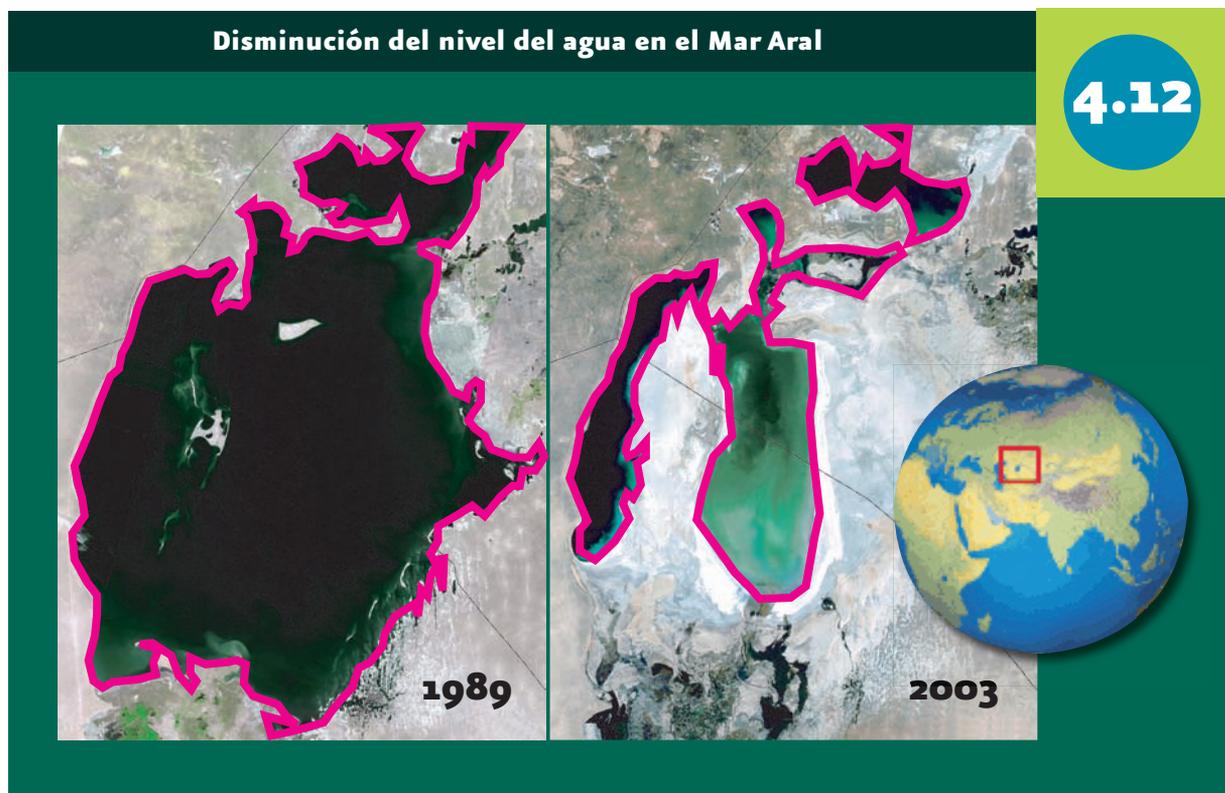
Seguramente con tantos datos te preguntarás, ¿pero en términos generales, cómo es la disponibilidad de agua? ¿Los 476 km³ de agua disponible o los 4 mil 573 m³ por habitante son muchos o pocos? La respuesta es que, de acuerdo con la clasificación mundial, México es considerado como un país de baja disponibilidad de agua, aunque con fuertes diferencias al interior del país (Figura 4.11), muy



lejos de los países considerados como de alta disponibilidad como Brasil y Canadá, así como de los que presentan un fuerte estrés hídrico, como Arabia y Egipto.

Para poder interpretar mejor el tema de la disponibilidad de agua, es importante que recordemos que en México la mayor parte de las lluvias ocurre durante pocos meses del año y en muchas ocasiones es en forma de lluvias torrenciales que rápidamente escurren por los arroyos y ríos hacia el mar. Como no tenemos la capacidad de almacenar esta agua en presas, el agua disponible para usar en la agricultura y en las ciudades e industrias es menor que la que nos sale de estas cuentas generales y vuelve más importante el tomar conciencia de aprovechar con más racionalidad el agua que tenemos.

Así como existen diferencias muy marcadas en la cantidad de lluvia que recibe cada una de las zonas del país, también la disponibilidad de agua muestra diferencias muy marcadas en nuestro territorio. En la región de la frontera sur, su disponibilidad media por habitante es muy alta: 25 mil m³ de agua al año. Esta condición contrasta fuertemente con la que se tiene en las zonas norte y centro donde se asienta 77% de la población que tiene una disponibilidad de agua menor a 2 mil m³ por habitante al año, valor que se considera como “disponibilidad muy baja”. El caso más extremo es la región del Valle de México que tiene una disponibilidad de sólo 192 m³ por habitante misma que se considera como “extremadamente baja” (Figura 4.11).



Con todo lo que hemos visto hasta ahora seguramente te será claro que el problema de disponibilidad de agua en México, como en muchas otras partes del mundo, es un asunto serio. Por ello ha crecido la preocupación mundial hacia el tema y se realizan foros -como el Foro Mundial del Agua realizado en México en el año 2006- para discutir las alternativas que se deben tomar para que la disponibilidad de agua, tanto en cantidad como en calidad, no sea en pocos años un factor que limite el crecimiento económico de los países, y un problema de salud pública como ya lo está siendo en algunas zonas del mundo.

Por cierto, ¿cuánta agua usamos?

Ahora que ya sabemos que no tenemos mucha agua, el siguiente paso es conocer cuánto y de qué manera utilizamos esa agua. En algunas zonas

puede ser realmente muy grande la extracción y causar serios problemas. La extracción del agua de ríos ha llegado a ser tan intensa que algunos de los grandes ríos como el Colorado, que descarga en el Golfo de California, el Ganges, en la India, el Nilo en Egipto y el Huang He (Amarillo) en China, en la parte seca del año ya no descargan agua al mar. Quizá uno de los casos más emblemáticos y críticos que podemos señalar es lo que ocurrió con el Mar Aral localizado en el centro de Asia. Este mar recibía el agua de dos ríos importantes: el Syr Darya y el Amu Darya; alrededor de 1920 se decidió desviar parte del caudal de estos ríos para abastecer enormes zonas de riego para producir melón, arroz, cereales y algodón. Hoy en día estos ríos vierten en el Mar Aral sólo 6% de la descarga que tenían antes de 1960, como resultado, la superficie de este mar se ha reducido en 60%, su volumen en casi 80% y su profundidad en unos 15



metros. Si una persona estuviera parada hoy en lo que fue el límite del Mar Aral a principios del siglo XX, no lo podría creer, ya que por causa de la reducción de tamaño de este cuerpo de agua, (Figura 4.12) en algunas zonas el borde actual está hasta ¡100 kilómetros de distancia del límite original! No nos debería extrañar con este grado de deterioro que las pesquerías que alguna vez existieron han desaparecido, junto con la mayor parte de la flora y fauna nativa.

Regresemos al tema de cómo saber cuanta agua estamos utilizando. La forma más sencilla es relacionando el agua que usamos entre el agua disponible. Este indicador se conoce como “grado de presión” y no es sino el porcentaje que representa el volumen de agua extraído tanto de aguas superficiales como subterráneas con respecto al agua disponible.

En 2005 en el país utilizábamos 16% del volumen disponible de agua, valor que se considera como un grado de presión “moderado” de los recursos hídricos. Sin embargo, ese valor no nos debe poner muy optimistas ya que representa muy poco lo que ocurre al interior del país. En la porción norte, que incluye a los estados de Sonora, Chihuahua y Baja California, por ejemplo, se utiliza más de 40% del agua disponible, lo que ya es considerado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como una fuerte presión sobre el recurso hídrico. El caso más extremo lo tenemos en la región del Valle de México, donde el grado de presión alcanza un valor de 119%; esto es, se utiliza más agua de la que se dispone de manera natural (Figura 4.13). Esto explica porque en esta zona existe una sobreexplotación de sus acuíferos y que, incluso, tenga que traerse agua de otras cuencas para satisfacer la demanda de sus habitantes.



De los 14 km³ que se extraen anualmente de los acuíferos sobreexplotados, 57% corresponde a la recarga de los acuíferos por las lluvias y 43% restante se extrae del agua que se almacenó en ellos durante milenios; es decir, constituye un auténtico minado de la reserva de agua subterránea del país que no puede durar indefinidamente.

Las aguas subterráneas representan entre 25 y 40% del agua potable del mundo. Hoy en día, la mitad de las grandes ciudades del mundo, entre las que se encuentra la Ciudad de México, dependen de las aguas subterráneas, o bien, consumen un gran volumen de las mismas. En muchas comunidades rurales en las que no se dispone de otra fuente de abastecimiento, las aguas subterráneas son fuente de agua de buena calidad a bajo costo, aún cuando sólo representen una pequeña parte del total del agua consumida. Otro punto muy importante relacionado con los acuíferos es que pueden suministrar agua aún bajo condiciones de largas temporadas sin lluvia. Se calcula que del total de agua dulce en la Tierra, 30% se encuentra contenida en estos depósitos subterráneos, esto es, 100 veces más que la contenida en los ríos y lagos (Figura 4.4).

En nuestro país, con el agua subterránea se cubre 75% de la demanda de agua en las zonas urbanas, es decir el agua que llega a nuestras casas, trabajos y escuelas; 61% de la industria y 33% de la agricultura. No es extraño que bajo este intenso uso, un número importante de acuíferos (16%) ya presenten problemas de sobreexplotación (Figura 4.14).

La sobreexplotación de los acuíferos es que ésta frecuentemente perjudica la calidad de sus aguas. En los acuíferos costeros la explotación intensiva puede provocar la intrusión salina, esto es, la entrada de agua con más sales influenciada por su cercanía al mar, lo que disminuye su calidad y, con ello, el uso que se puede hacer de esas aguas. En el país se tienen registros de 17 acuíferos con intrusión salina, principalmente en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Veracruz, Colima y Tabasco (Figura 4.14). El riego agrícola es otra fuente de presión sobre los acuíferos ya que promueve la salinización y, en algunos casos, la contaminación con productos agroquímicos. Cabe señalar que no toda la culpa de la mala calidad del agua en los acuíferos se le puede achacar a las actividades del hombre o su sobreexplotación. En algunos acuíferos la calidad del agua subterránea puede no ser buena debido a que el agua que se mueve a través de las rocas y el subsuelo puede disolver sales o minerales durante su recorrido reduciendo con ello la calidad de sus aguas.

Calidad del agua

En la sección anterior vimos que aunque la cantidad potencial de agua que puede ser utilizada parece grande, en realidad no lo es, ya que el dinero y trabajo que tendríamos que invertir en traerla, o los impactos ambientales que acarrearía tal acción son tan altos que, para fines prácticos, no son una opción viable en estos momentos. Así pues, desalar el agua de mar (o sea quitarle el exceso de sales), traer agua congelada de los polos o explotar acuíferos muy profundos no son en estos momentos la solución para satisfacer las necesidades de agua más frecuentes de las poblaciones urbanas, de la agricultura y de la industria.

La problemática de la disponibilidad de agua se agrava si consideramos que mucha de ella que podríamos utilizar no tiene las características que requerimos o bien está contaminada. Sin ánimo de ser alarmista, el problema de la mala calidad del agua por efecto de la contaminación puede ser lo que nos lleve a sufrir una severa escasez en los próximos años.

Antes de describir cómo estamos en cuanto a la contaminación del agua, primero revisemos cuales son los factores que determinan la calidad del agua, y cómo se determina si el agua es de buena o mala calidad.

Calidad del agua y contaminación

Si estás sediento y te ofrecen un vaso con agua turbia, café o verdosa, aunque no tenga pequeñas

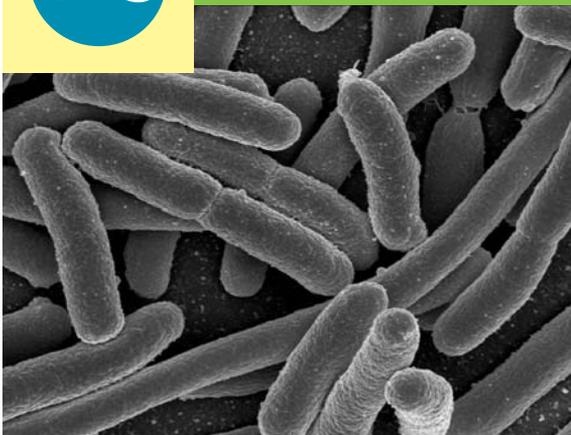
cosas extrañas flotando, seguro que no la tomarías argumentando que está sucia, contaminada o es de mala calidad, te podríamos apostar que pocos se atreverían a contradecirte (y menos aún, a tomársela en tu lugar). El término calidad del agua no es absoluto. Es posible que el agua que te ofrecieron tiene algo de arcilla (partículas menores a 0.002 milímetros que forman parte del suelo) porque no fue filtrada adecuadamente o porque las tuberías por las que fue transportada estaban dañadas y el agua entró en contacto con el suelo. Aunque no sería recomendable que la bebiéramos, un agua con estas características podría ser utilizada sin ningún problema para labores agrícolas; en otras palabras, si la usas para regar una planta no estarías con el pendiente de que se va a enfermar o morir. Con este ejemplo lo que te queremos decir es que la calidad del agua no es un criterio absoluto sino que dependiendo del uso que se le pretenda dar se puede calificar como de buena o mala calidad.

Independientemente de su uso, la calidad del agua radica principalmente en los materiales y sustancias que lleva disueltos o en suspensión y los organismos que ahí se encuentran. Esto significa que para determinar la calidad del agua necesitamos conocer algunas características que afectan su posible uso como, por ejemplo, el oxígeno que tiene disuelto, la cantidad de partículas suspendidas, la cantidad y tipo de sales disueltas, la presencia y concentración de compuestos tóxicos y las bacterias y otros tipos de microorganismos . Cuando el agua contiene materias extrañas,

Origen de la contaminación en los cuerpos de agua dulce

4.15

Contaminación biológica



Por lo general se produce por microorganismos como bacterias, virus y protozoarios.

Contaminación química



Por lo general, se produce por metales pesados, detergentes, fertilizantes y plaguicidas.

como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o domésticos que alteran sus características naturales se dice que está contaminada (Figura 4.15).

Debido a que los ríos y lagos frecuentemente se encuentran en las “partes bajas” de las cuencas, es fácil imaginarse que la calidad del agua que tienen depende, en gran parte, de los usos que se les da a

Contaminación física

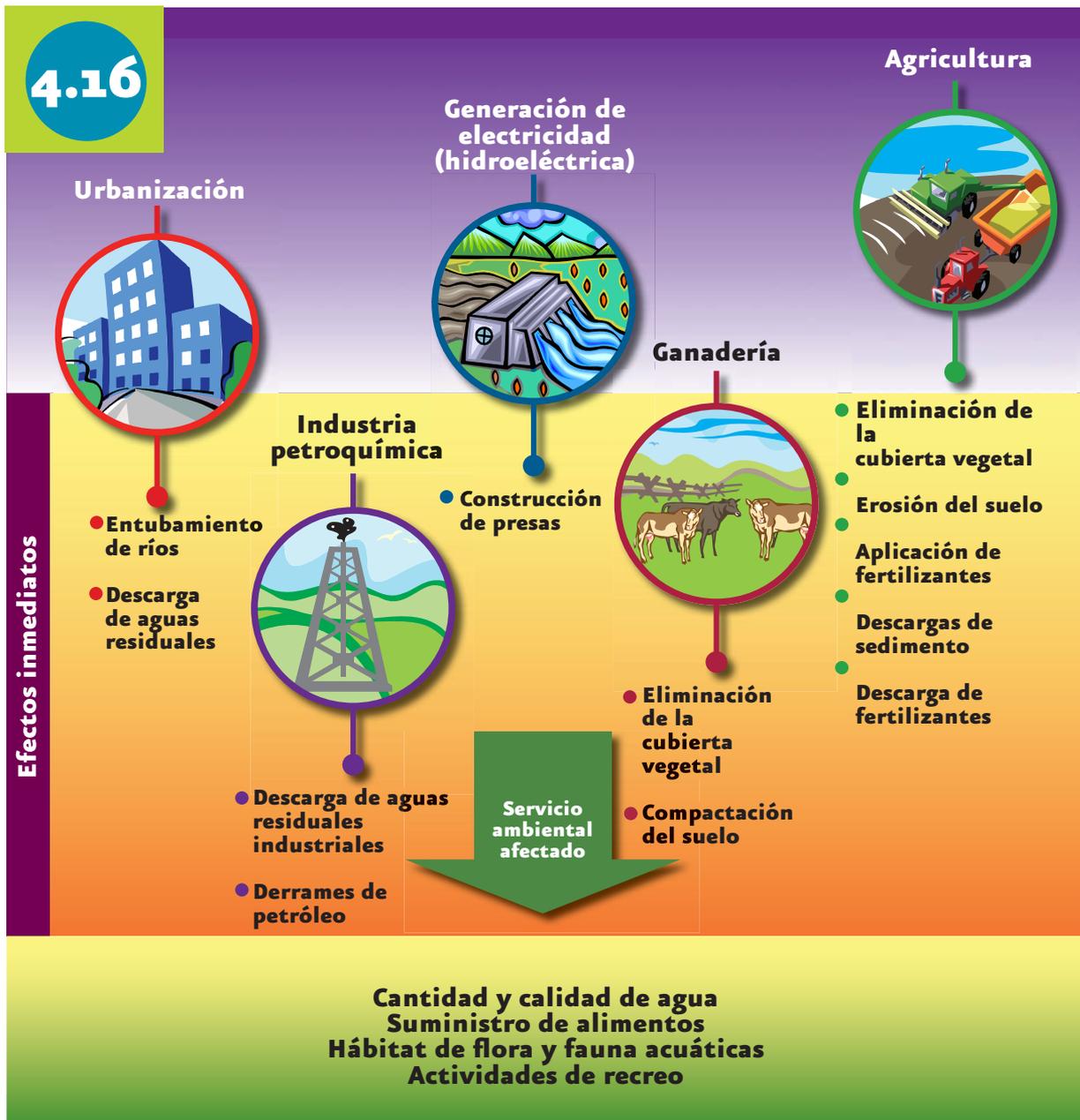


Es producto de desechos sólidos que se vierten en las aguas envases, plástico y tierra.

los terrenos que se encuentran alrededor y de los desechos que directamente echan las fábricas y los sistemas de drenaje de las ciudades y pueblos cercanos (Ver recuadro *Las cuencas hidrológicas* y la Figura 4.16).

El fenómeno de la contaminación del agua no es nuevo pues ha acompañado al hombre en toda su historia. Sin embargo, el deterioro más severo y extendido de los ríos y lagos del mundo se ha dado a partir del siglo XVIII con el inicio de la revolución industrial y la implantación de una variedad de procesos de transformación que empleaban grandes volúmenes de agua y, en consecuencia, también generaban enormes cantidades de agua de desecho que contaminaba los ríos y lagos donde se vertía. En ese entonces la prioridad era incrementar la producción y muy poca atención se le prestaba a los daños que ocasionaban al ambiente. Desde entonces se veía a los ríos y lagos como enormes depósitos donde se podían echar sin problema sus desechos ya que se los llevaba lejos (para el caso de los ríos) o bien, se diluían y descomponían de manera natural.

4.16



Desafortunadamente podemos llenar hojas y hojas con ejemplos de ríos y lagos con problemas de contaminación en todo el mundo. Los ríos Amarillo en China, el Ganges en la India y el Amur Daria en Asia Central son quizá los ejemplos que en muchos libros se describen como los casos típicos y graves de contaminación, pero en México también tenemos casos de los que no podemos sentirnos nada orgullosos. Además de los ríos

que alguna vez corrieron por el valle de México y ahora están convertidos en canales de desagüe y a los cuales ni en sueños nos atreveríamos a meternos a nadar o bañar, ciertas zonas de los ríos Lerma y Santiago en el centro del país, el Pánuco, el Balsas y el Río Tijuana son buenos ejemplos de los muchos ríos y lagos mexicanos que también tienen serios problemas con la calidad de sus aguas (Figura 4.17).



¿Has escuchado hablar de las cuencas hidrológicas? Cuando estás bajo la lluvia juntas las manos para formar una cavidad que te permita recoger el agua, estás formando una cuenca. Formalmente, una cuenca hidrológica es toda superficie de terreno y su subsuelo por donde escurre el agua que alimenta un río.

La cuenca se encuentra delimitada por el “lomo” de las montañas, denominado parteaguas que la separa de sus cuencas vecinas. Las cuencas hidrológicas, son áreas de desagüe, y unidades geográficas en donde se desarrolla el ciclo hidrológico, que brindan un hábitat a animales y plantas, y forman el paisaje del lugar.

En México hay muchas cuencas hidrológicas, de todos los tamaños, formas y tipos. Muchas de las cuencas terminan entregando sus aguas al mar y por ese hecho se les llama cuencas exorreicas; algunas de las más importantes cuencas de este tipo son las que forman los grandes ríos como: Lerma, Santiago, Balsas, Bravo, Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta, Mayo y Yaqui. Cada uno de estos ríos tiene corrientes alimentadoras que se forman con las lluvias (y en ciertos casos nieve) que caen sobre sus propios territorios de drenaje. Cuando el agua que fluye desemboca en un punto común de salida que no es el mar, sino otro sitio de almacenamiento en el interior del territorio como un lago, una laguna o el embalse de una presa, se le llama cuenca endorreica.

4.17



¿Cómo evaluamos la calidad del agua?

Como la calidad del agua depende del uso que se le pretende dar, resulta complicado definir una forma única de medir su calidad. En general se puede hablar de dos métodos: los que utilizan como referencia parámetros físicos y químicos, y los que emplean algunos atributos biológicos como especies indicadoras o características de los ecosistemas naturales que permiten evaluar que tan alterado se encuentra un cierto cuerpo de agua.

Los métodos más utilizados, principalmente por su facilidad y su aplicación más general son los basados en parámetros físicos y químicos como, por ejemplo, la concentración de oxígeno disuelto, la concentración de compuestos con nitrógeno y fósforo (como los nitratos y los fosfatos) y el contenido de materiales tóxicos como los

metales pesados. De uso más reciente son los llamados indicadores biológicos que utilizan ya sea especies individuales o bien comunidades completas, bajo la premisa de que los indicadores biológicos -como los peces, invertebrados, algas y protozoarios- son capaces de detectar y responder a los cambios de diversas variables ambientales -no sólo químicas-, que resultan en la degradación de los recursos acuáticos.

Quizá si has tenido un acuario en tu casa, te habrás enfrentado a la situación de que tus peces se mueren o enferman cuando las “condiciones ambientales” del acuario se modificaron porque le agregaste algo indebido, no le cambiaste el agua a tiempo, no controlaste bien la temperatura o una combinación de todas ellas. Esto te muestra claramente que los organismos pueden responder a pequeños cambios que afectan su ecosistema y que pueden ser utilizados como indicadores biológicos.

Uno de los atributos de los indicadores biológicos es que los organismos son capaces de responder a la contaminación intermitente (como derrames accidentales), misma que pudiera ser pasada por alto en un programa de toma de muestras químicas; pueden también integrar los efectos de varios contaminantes simultáneamente y además son capaces de responder a la aparición de elementos contaminantes nuevos e insospechados.

Si tenemos toda esta información, ¿por qué entonces no contamos con un sistema de monitoreo biológico en nuestros ríos y lagos? La respuesta es que, además de ser más caro, los indicadores son específicos para cada cuerpo de agua, por lo que se deben hacer estudios detallados para definirlos y encontrar cuáles son las mejores especies indicadoras. Este es uno de los muchos temas en que gobierno, universidades y centros de investigación tienen que trabajar de manera conjunta.

En nuestro país la evaluación de la calidad del agua se realiza por medio de la Red Nacional de Monitoreo (RNM), que cuenta con 620 estaciones en ríos, lagos, lagunas costeras y acuíferos. En cada estación se cuantifican parámetros físicos, químicos y biológicos que sirven para evaluar la calidad del agua. Los tres indicadores más

Escherichia coli fue descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860, quien la bautizó como *Bacterium coli* (“bacteria del intestino”, del griego κολον, kolon, “intestino”). Posteriormente, la microbiología sistemática nombraría el género *Escherichia* en honor a su descubridor.

utilizados son: la concentración de coliformes fecales, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la concentración de fosfatos y de nitratos, ya que todos ellos están muy relacionados con las principales fuentes de contaminación de las aguas en nuestro país.

Un factor de presión muy importante para la calidad del agua son las descargas de aguas residuales utilizadas para las labores de limpieza y servicios sanitarios provenientes de las áreas urbanas y rurales. El indicador de contaminación asociado a estas descargas es la presencia de un grupo de bacterias conocidas como coliformes. Las coliformes se introducen en gran número al medio ambiente a través de las heces de humanos y animales, por tal motivo suele considerarse que la mayoría de las coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal.

Aunque su presencia no indica forzosamente contaminación fecal, ya que existen también bacterias coliformes de vida libre, se considera que su ausencia es un buen indicador de que el agua es bacteriológicamente segura.

En la Figura 4.18 podrás observar la calidad del agua en los sitios monitoreados para los diferentes contaminantes en el país. Aunque parece que a México le dió viruela por tantos puntitos rojos no es tal, aunque en cierta forma nos muestra la magnitud y la distribución de los problemas de contaminación, ya que esos puntos representan sitios donde la calidad del agua no es aceptable por problemas de contaminación.

Las coliformes son un grupo de bacterias que abundan en el tracto intestinal humano y de otros animales de sangre caliente.

Cotaminantes en aguas superficiales en México, 2006

4.18

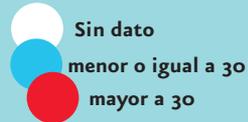
Concentración promedio anual (NMP/100 mL)



a) Coliformes fecales



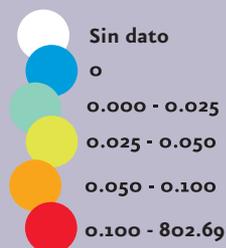
Concentración promedio anual (mg/L)



b) Demanda bioquímica de oxígeno



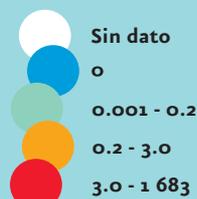
Concentración promedio anual (mg/L)



c) Fosfato total



Concentración promedio anual (mg/L)



d) Nitrato total



Límite de las regiones hidrológico-administrativas

Ríos principales

En el año de 2006 cerca de 60% de los cuerpos de agua monitoreados mostraron una concentración promedio de coliformes que los clasificarían como agua no apta para consumo humano, lo que implica, entre otras cosas, que para que esta agua pueda ser utilizada para este fin deberá recibir un proceso de tratamiento y desinfección para mejorar su calidad (Figura 4.18a).

Los desechos producidos por las actividades industriales, como los de la industria azucarera, la química, la petrolera, la metalúrgica y la que procesa el papel son otros factores que afectan la calidad del agua. La contaminación que producen, se evalúa de manera indirecta a través de la medición de la cantidad de oxígeno (llamada demanda bioquímica de oxígeno o DBO) que se requiere para la degradación biológica de los contaminantes orgánicos presentes (Figura 4.18b). Si en un cuerpo de agua hay desechos orgánicos también habrá bacterias trabajando para descomponerlos, proceso que requiere oxígeno. Una mayor demanda de oxígeno indica una mayor contaminación de productos orgánicos.

Frecuentemente se reporta junto a la DBO, la demanda química de oxígeno (DQO) que mide también contaminación no orgánica, ya que evalúa la cantidad de oxígeno necesaria para degradar también compuestos no biodegradables por bacterias. La relación entre los dos parámetros además de servirnos para evaluar la contaminación del agua, permite saber la posible fuente de contaminación, pues las aguas con desechos industriales suelen tener una mayor concentración de compuestos no biodegradables. Aunque menos frecuente que la contaminación por coliformes, una cantidad importante de ríos y lagos del país tiene problemas de contaminación por desechos orgánicos.

Otra fuente de contaminación muy importante son los desechos que se originan por las actividades agropecuarias, principalmente los agroquímicos (como los fertilizantes y plaguicidas) que son arrastrados por el agua hacia los ríos y lagos, así

como las aguas que se desechan de las granjas donde se cultivan peces y camarones. Esta agua lleva una cantidad importante de nitratos y fosfatos (Figuras 4.18c y d) que provocan, entre otras cosas, el fenómeno conocido como “eutrofización”, que se caracteriza por un crecimiento desmedido de las algas, que “agotan” o disminuyen el oxígeno disponible en el agua al grado tal que pueden provocar la muerte de peces y otros organismos que ahí habitan (Figura 4.19). En 2006 cerca de dos terceras partes de los cuerpos de agua monitoreados (Figuras 4.18c y d) mostraron concentraciones de estas sales superiores a lo que se considera como límite para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y la eutrofización acelerada de ríos y arroyos.

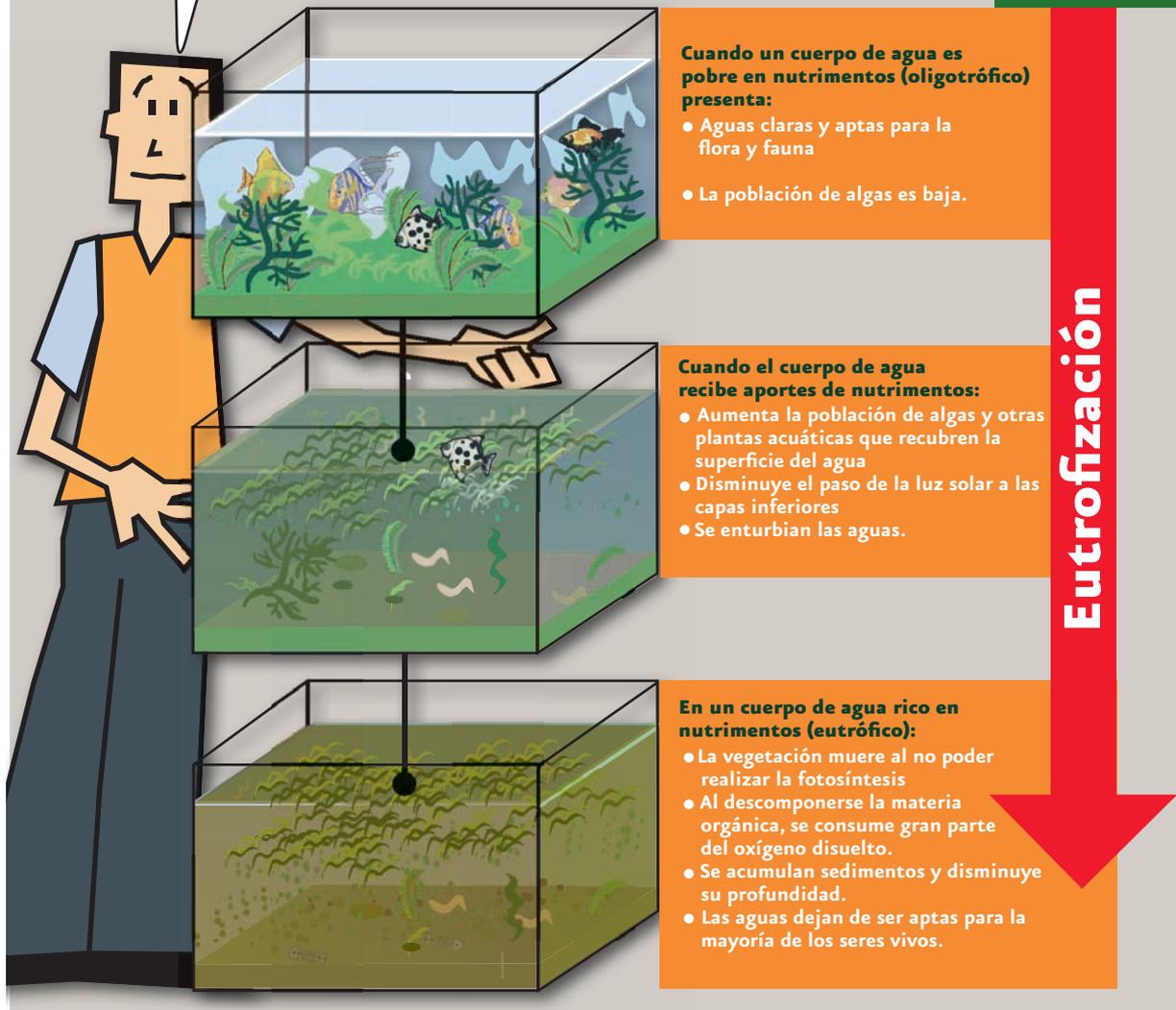
Calidad del agua en zonas costeras y marinas

En México, podemos disfrutar de playas muy diversas, desde las del Caribe con sus grandes barreras arrecifales coralinas hasta las del Pacífico como las que son testigo de la procesión de las grandes ballenas grises que año con año regresan a las lagunas ancestrales. Desafortunadamente asociado a esta belleza natural, ahora las aguas costeras y marinas también enfrentan problemas de contaminación que ponen en peligro, no sólo su atractivo, sino también su funcionalidad como ecosistema.

Quizá has visto en la televisión o cuando vas de vacaciones a la playa la nada recomendable práctica de arrojar basura y toda clase de desechos por la borda de los barcos. Si sólo fuera un barco tal vez no habría problemas, pero si sumamos lo de todos los barcos, incluidos los que procesan alimentos en altamar; buques petroleros que llenan sus tanques con agua para mantener su estabilidad cuando navegan y arrojan esa agua con restos de petróleo al mar para recibir más cargamento; y los muy conocidos derrames accidentales de petróleo y otros químicos la situación ya es más que preocupante.

Los desechos domésticos, urbanos, agrícolas y pecuarios se pueden acumular en los cuerpos de agua superficiales, provocando su eutrofización.

4.19

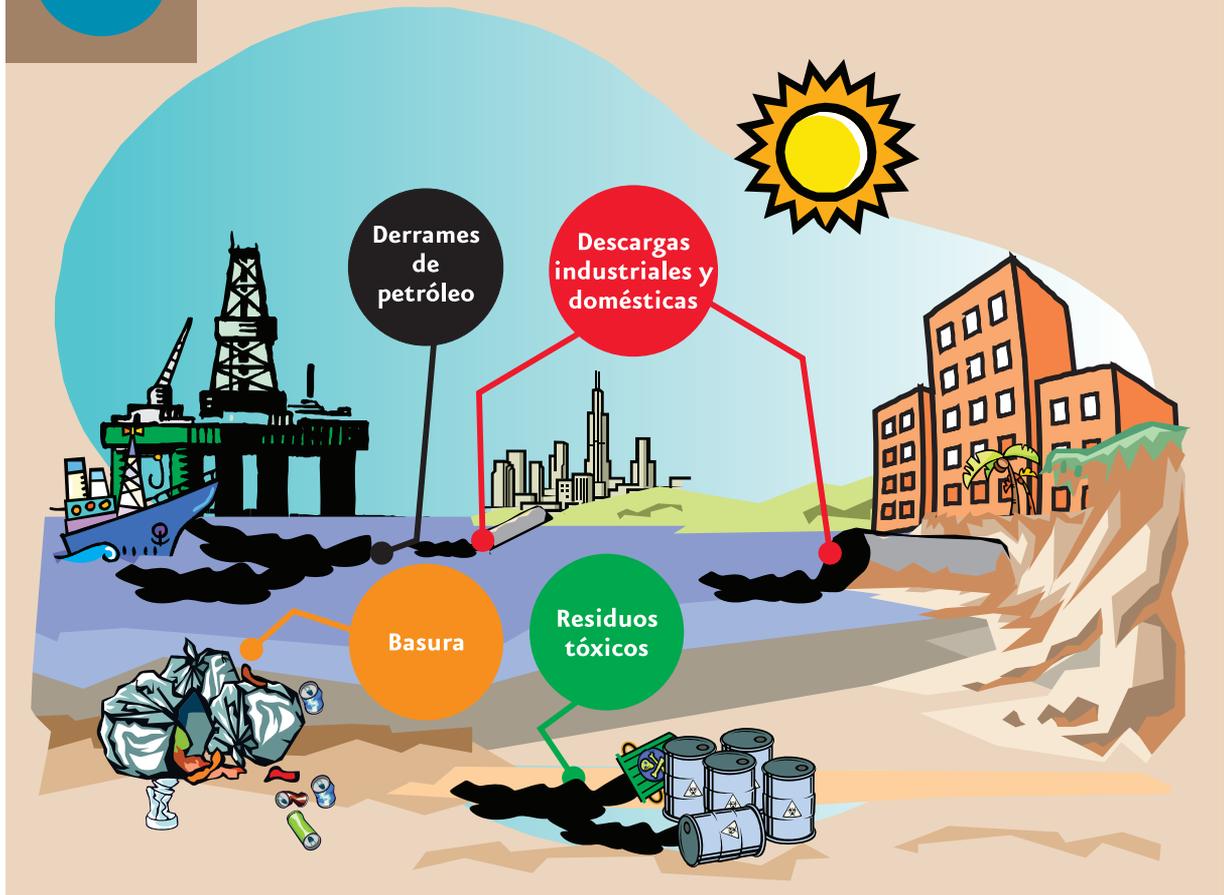


Además, en la temporada de lluvias el mar recibe toda el agua que escurre de las tierras cercanas (que le dan ese color achocolatado), la cual pudo haber disuelto o arrastrado basura o químicos como los fertilizantes (Figura 4.20). Se ha estimado que las actividades terrestres son responsables de alrededor de 70% de la contaminación presente en los mares.

En nuestro país -como en muchos otros- se tenía la idea de que una de las cualidades de los mares era la de ser el reservorio “seguro” para arrojar nuestros desechos ya que la concentración de contaminantes se diluiría hasta niveles inofensivos. Esta idea no estaba del todo infundada ya que efectivamente los cuerpos de agua tienen una gran capacidad para degradar y mineralizar gran

Contaminación en los mares

4.20



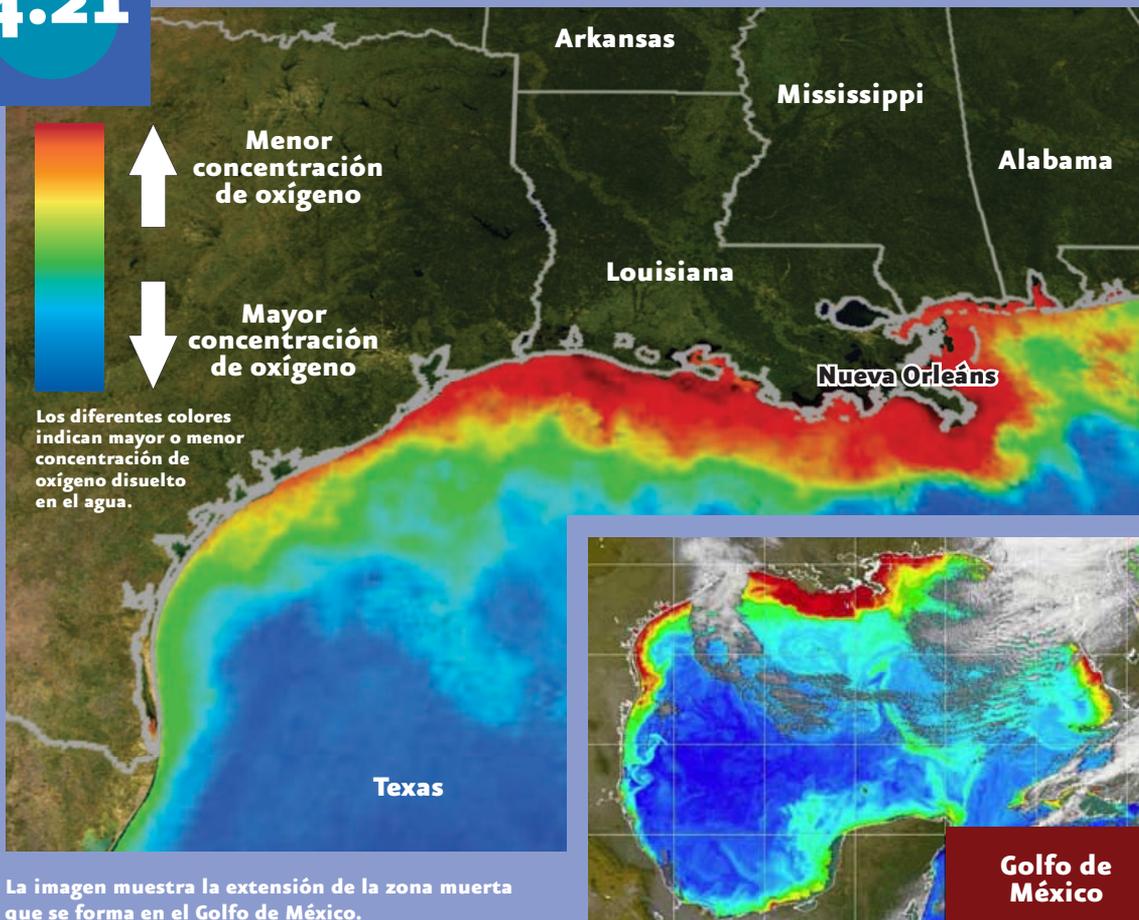
cantidad de los contaminantes que se vierten en ellos. Sin embargo, los microorganismos que realizan la degradación no son unos superhéroes que todo degradan y requieren de tiempo para procesar los desechos que sí pueden degradar. Si la descarga de contaminantes rebasa los tiempos de degradación, se da un fenómeno de acumulación de contaminantes que incluso pueden alcanzar niveles tóxicos para los mismos organismos degradadores.

A tal grado ha llegado la contaminación en algunos mares del mundo que desde hace algunos años han aparecido las llamadas zonas muertas. Estas

zonas son porciones de mares prácticamente sin oxígeno ni vida animal y vegetal producto de un desmedido crecimiento de algas marinas que consumen el oxígeno del agua. Las zonas muertas más importantes se ubican en los mares Adriático, Báltico y Negro, situados en Europa. Pero en América, particularmente en el Golfo de México tenemos una de las más importantes (Figura 4.21). Si bien nuestro país contribuye a la contaminación del Golfo a través de los ríos que en él desembocan es justo decir que la principal responsable de su formación es la enorme cantidad de suelo y compuestos químicos que lleva el río Mississippi.

Zona muerta del Golfo de México

4.21



A pesar de la importancia del problema de la contaminación en los mares y costas en México, no tenemos evaluaciones confiables sobre la calidad de esta agua. Hace cerca de 10 años el Instituto Nacional de Ecología y la entonces Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) presentaron un trabajo donde se recopiló la información disponible de la calidad de ambientes costeros en el país. No obstante que el mismo estudio menciona que no había información suficiente, las conclusiones no fueron optimistas. Se encontró evidencias de contaminación por

compuestos orgánicos e hidrocarburos (petróleo) y metales pesados en varias zonas marinas del país y prácticamente en todos los casos examinados se detectó contaminación por coliformes fecales y sedimentos.

Muchos de los contaminantes que llegan al mar pueden generar efectos negativos en la salud humana, dependiendo de su concentración y del tiempo de exposición. Los daños más comunes por nadar en aguas contaminadas son las enfermedades gastrointestinales, irritación en

la piel e infecciones en los ojos y oídos. Por lo general estas infecciones no son graves, pero la industria del turismo puede verse afectada debido a que la calidad del agua de las playas no es apta para los visitantes.

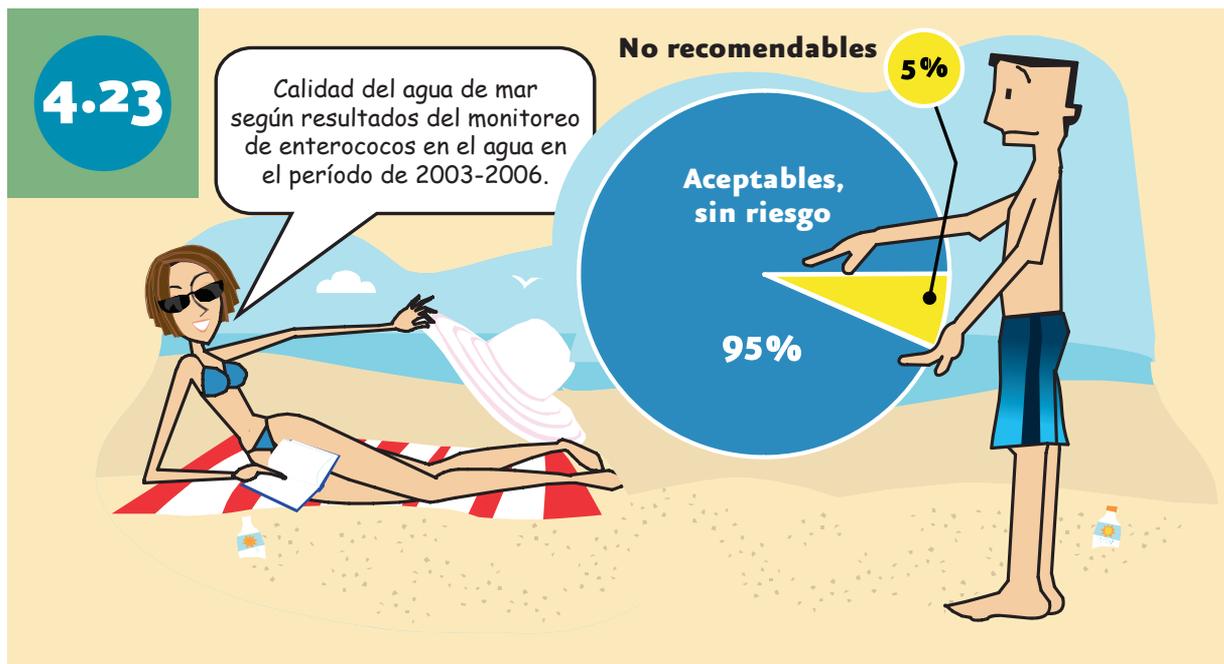
Desde hace algunos años se implementó un programa para monitorear la calidad del agua en los principales destinos turísticos de playa en México. Aunque al principio este programa recibió muchas críticas, sobre todo de los hoteleros y el sector turismo en general porque ahuyentaba a los turistas, a la larga se ha visto su utilidad e importancia.

Para monitorear la calidad del agua en las playas mexicanas se utilizan organismos indicadores que muestran su grado de contaminación y el riesgo de nadar en ellas. Los enterococos son microorganismos que se encuentran normalmente en el tracto gastrointestinal del hombre y los

animales de sangre caliente. Estas bacterias son excretadas en las heces, por lo que su presencia en el ambiente indica una probable contaminación de origen fecal. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, si las aguas tienen entre 201 y 500 enterococos en 100 mililitros de agua se consideran no recomendables para uso recreativo, mientras que valores mayores a 500 enterococos representan riesgo sanitario.

Durante el periodo 2003-2006, se revisó la calidad del agua en poco más de 200 playas: 95% de las muestras resultaron con niveles de enterococos aceptables y el restante 5% tuvieron niveles no recomendables para uso recreativo (Figura 4.22 y 4.23). No está de más sugerirte para tus próximas vacaciones a la playa, es revisar los resultados del sitio que visitarás para ver si es seguro y evitar situaciones desagradables (Figura 4.24).





¿Qué hacemos para enfrentar el problema de la contaminación del agua?

Después de haber leído páginas y páginas donde presentamos un panorama poco alentador sobre la calidad del agua en el mundo y nuestro país no te faltarán razones para preguntarte ¿y qué estamos haciendo para resolver este problema?

Si te pidieran que te unieras a una protesta exigiendo que las ciudades e industrias ya no arrojen agua contaminada a los ríos y lagos, seguro que no te faltarían motivos para aceptar. Sin embargo, más allá de estos buenos motivos es necesario que sepas que cualquier solución a este problema no es inmediata y que las diferentes medidas que se tomen seguramente no les gustaran a todos. Por ejemplo, en nuestro país, solamente las áreas urbanas generan unos 255 m³ por segundo de agua residual (8.05 km³ por año), es decir, un volumen mayor que el

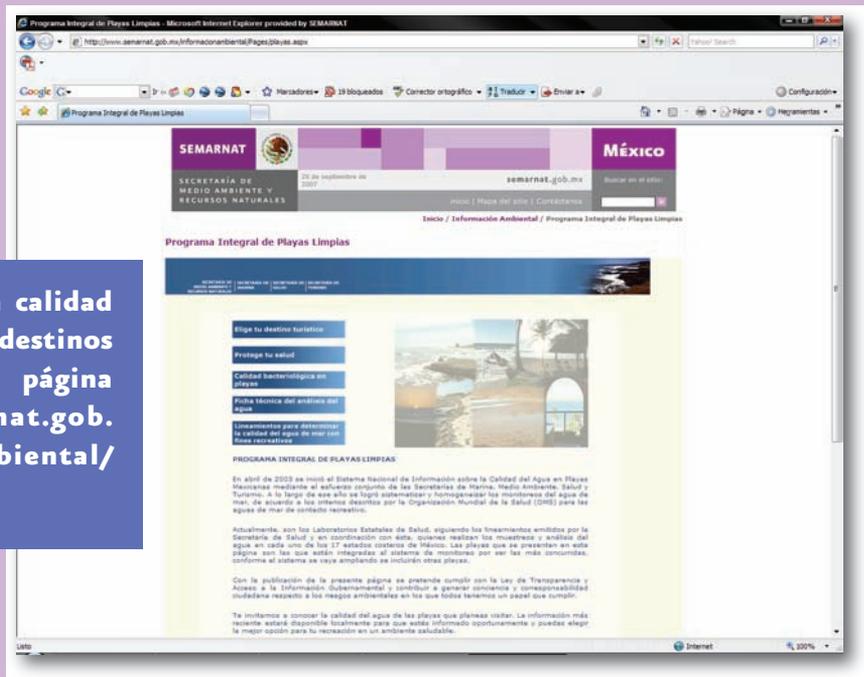
descargado al Golfo de México por el río Bravo cada año o aproximadamente la totalidad del agua que puede almacenar el lago de Chapala, el más grande de México. Como en nuestro país no existe la capacidad de tratar este volumen, una de las formas de disminuir el agua contaminada que arrojamos a los ríos y lagos es reducir nuestro consumo, en tanto construimos más plantas de tratamiento que la dejen con una calidad aceptable antes de verterla a los cuerpos de agua naturales.

En general, el problema de la contaminación del agua podríamos atacarlo de tres formas:

- * Disminuyendo la cantidad de agua residual y la concentración de contaminantes que contienen.
- * Reduciendo los contaminantes que llevan las aguas antes de ser vertidas a los ríos, lagos y mares a través de un tratamiento que los retenga o elimine.

4.24

Si deseas conocer la calidad del agua en distintos destinos turísticos, visita la página <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/playas.aspx>



* Cuidando que los ríos, lagos y mares se mantengan en buenas condiciones para que puedan de manera natural procesar una buena parte de los desechos que son vertidos en ellos.

Más temprano que tarde vamos a tener que reducir la cantidad de agua que usamos para nuestras labores diarias. Desafortunadamente una práctica común ha sido utilizarla indiscriminadamente, porque la cantidad que pagamos por ella es menor que la inversión para adquirir equipos o desarrollar infraestructura para ahorrarla. Mientras a un agricultor, industrial o usuario ciudadano le salga más barato comprar el agua que modificar su tecnología para hacer un uso más eficiente de ella, no le va a preocupar ahorrar agua.

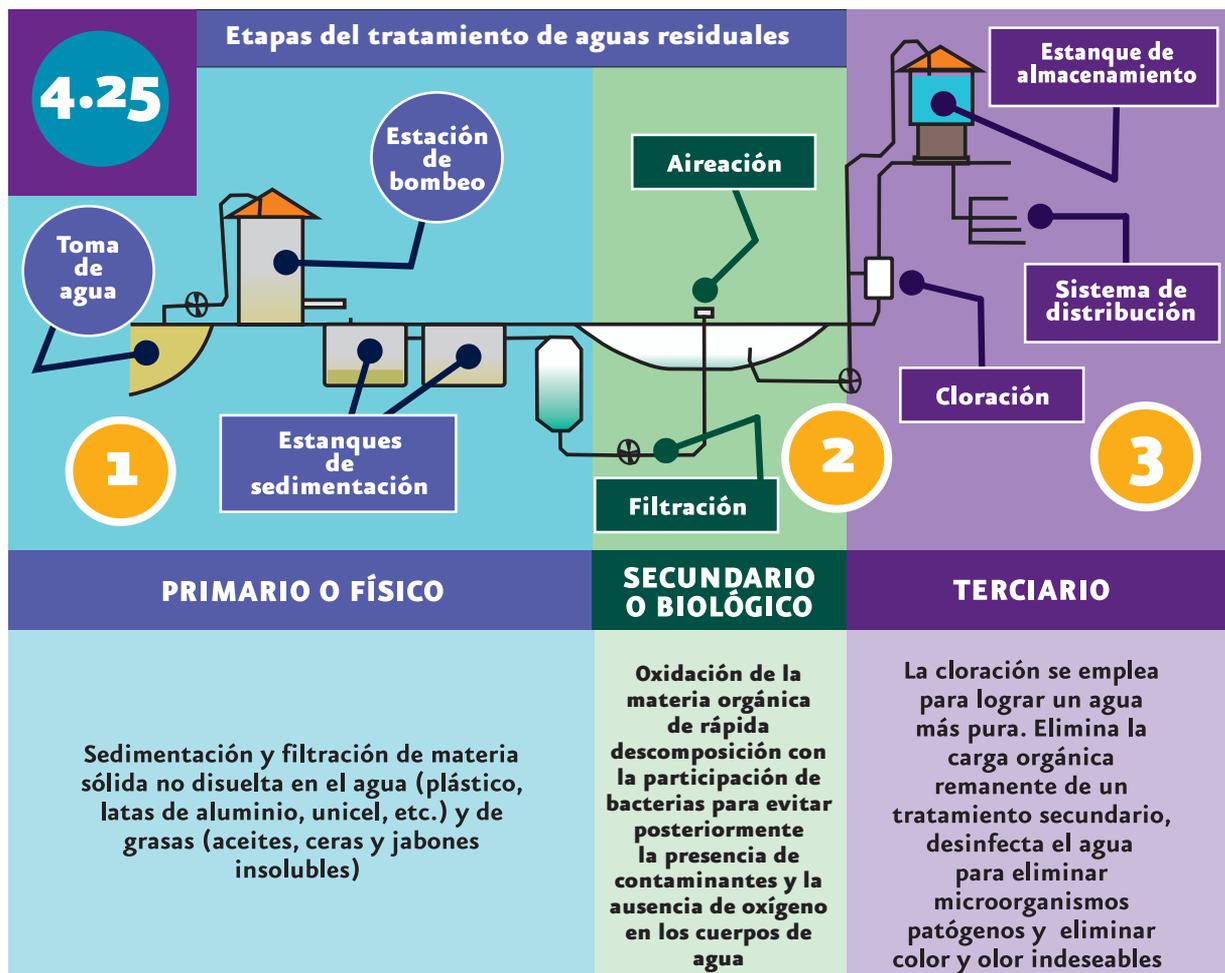
Para resolver el problema del abasto del agua debemos tener una actitud solidaria con la sociedad. Si esperamos a que el vecino actúe para hacerlo no vamos a llegar a ninguna parte. También debemos considerar que por diversos motivos no todos tenemos el mismo acceso al agua ni la capacidad de pagarla, lo cual no debe interpretarse como un derecho a desperdiciarla. Por ejemplo, las personas que no tienen acceso directo al agua pagan mucho más que los que disponen de ella a través del sistema de agua potable de la ciudad. Por darte un dato que ilustra esta situación, en la Ciudad de México el metro cúbico de agua abastecido por la red de agua potable cuesta unos tres pesos, pero si la compramos a una pipa, que es frecuentemente la única forma de obtenerla en las zonas marginadas que no cuentan con servicios públicos, costaría entre 10 y 50 veces más.

Se conoce como tratamiento de aguas residuales a los distintos procesos relacionados con la extracción y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias.

Otra forma para disminuir el problema de la contaminación de los ríos y lagos es “tratar” las aguas residuales antes de que las arrojemos a esos cuerpos de agua (Figura 4.25). Dependiendo de los contaminantes que tenga el agua será necesario darle un tratamiento particular. Si el agua fue usada para limpiar verduras requiere un tratamiento diferente a que si se utilizó en una

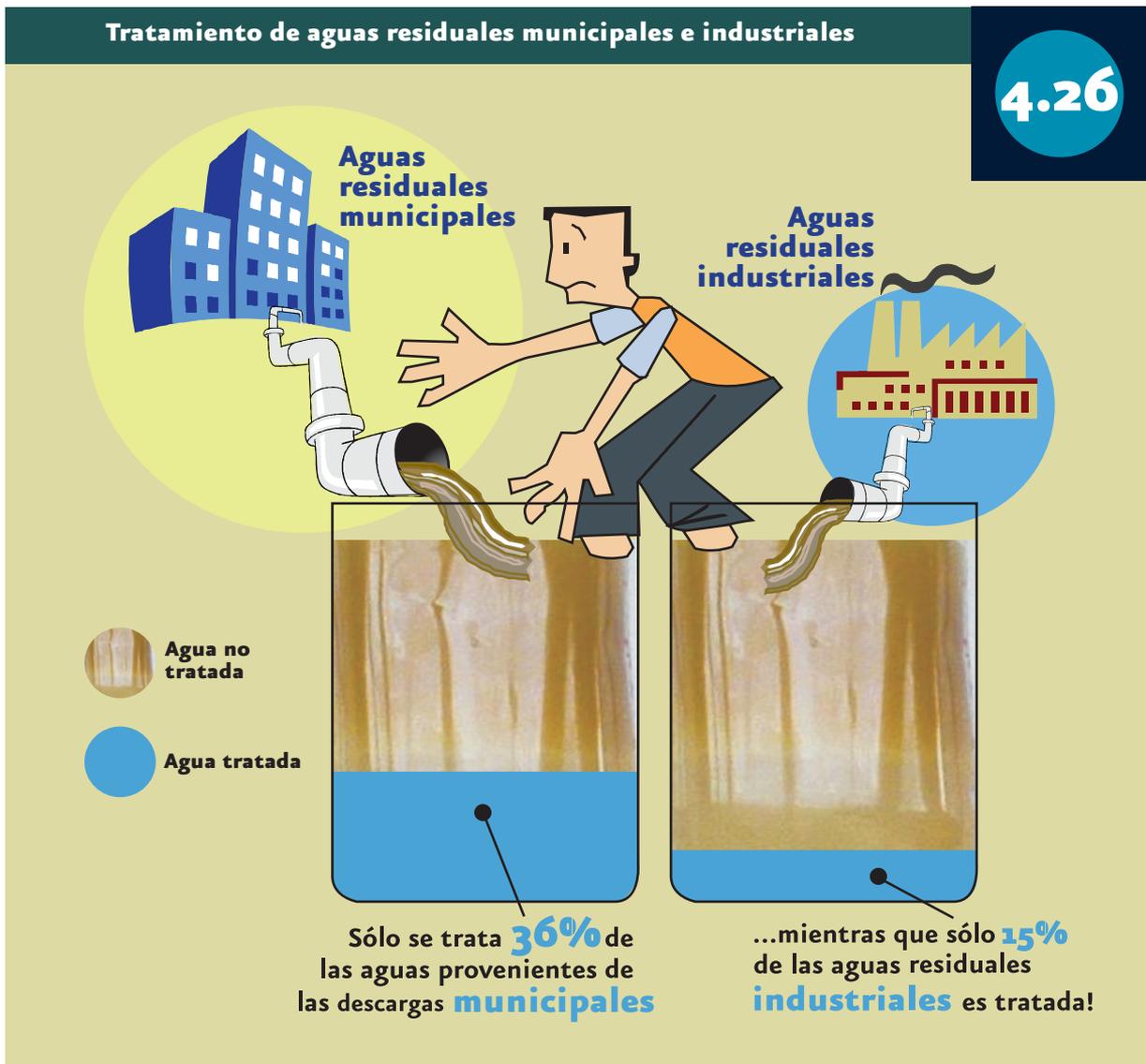
mina para separar metales pesados. No obstante que la solución suena sencilla, la realidad es que no sólo en México sino en el mundo se trata muy poca agua antes de ser vertida a los ríos, lagos y mares.

En los países en desarrollo se da tratamiento a menos de 10% del agua; y en México a cerca de



23% de sus aguas residuales, considerando los dos tipos de descarga: municipales e industriales. Los datos precisos son que en nuestro país se generan al año 8.03 km³ de agua residual proveniente de las ciudades y 5.62 km³ de agua de otras fuentes, principalmente las desechadas por la industria. De este enorme caudal, sólo tratamos 36% de las aguas residuales municipales y 15% de las industriales (Figura 4.26).

Según algunas estimaciones, en 20 años la cantidad de agua residual de los municipios se incrementó 60%, la de las industrias 272% y la de la agricultura 170%. Aunque el número de plantas de tratamiento de agua para desechos municipales e industriales en México se incrementó en casi siete veces en ese mismo periodo (de 399 a 2 709), aunque en términos de volumen tratado seguimos muy por debajo de las necesidades del país.



Usos del agua

¿De dónde viene el agua que usamos?

Los habitantes de las ciudades, estamos acostumbrados a abrir la llave y tener agua disponible que frecuentemente olvidamos todo lo que hay detrás para que ésto sea posible. El agua de la llave y, en general la que se utiliza en la agricultura y la industria proviene de manantiales, ríos, lagos, arroyos o depósitos de agua subterráneos. De los cuerpos de agua superficiales se obtienen aproximadamente dos terceras partes del agua que se extrae y la otra tercera parte viene de depósitos de agua subterráneos que se llaman acuíferos (Figura 4.27). Esta última fuente es

de la que se extrae el agua que, después de un tratamiento previo, se distribuye a la mayoría de las grandes ciudades para su uso en los hogares.

¿Cuánta agua utilizamos?

En 2005, la Comisión Nacional del Agua estimó que se extrajeron 76.5 km³ de agua provenientes de los ríos, lagos y acuíferos, para ser ocupada en las diferentes actividades.

Para darte un punto de comparación, te diremos que el lago de Chapala, -el lago más grande del país- contiene apenas unos 8 km³ de agua, lo que implica que cada año extraemos un volumen



suficiente para llenarlo unas 9.5 veces. Si dividimos este volumen entre los cerca de 103 millones de mexicanos que éramos en 2005, nos tocarían 741 mil litros por persona al año. Pero, ¿cada uno de nosotros gasta esa cantidad? La respuesta es que no, porque en realidad utilizamos más agua de la que aparentemente tenemos disponible por persona en nuestros hogares. La utilizamos para producir los alimentos, la ropa, el papel de los libros y cuadernos y prácticamente en todos los artículos que consumimos. Además, le debes sumar la usada para beber, lavar la ropa, bañarnos, cocinar los alimentos, el riego de jardines y la limpieza de la casa. De los distintos usos que tiene el agua, el agrícola y el ganadero consumen más de tres cuartas partes del total; mientras que el resto se divide entre la población y la industria.

Es importante señalar que no toda el agua que se extrae y distribuye es aprovechada adecuadamente. Se calcula que del total de agua que se extrae en México, entre 50 y 70% se pierde por la evaporación, fugas en los sistemas de distribución y consumo irracional (como lavar las banquetas o los autos a “manguerazo”), entre otros. Además, la mitad del agua que llega a los campos agrícolas se escurre o se evapora sin ser aprovechada por los cultivos; mientras que en las grandes ciudades del país se pierde hasta 40% del agua, principalmente por la falta de mantenimiento de las tuberías, por las fisuras o fracturas originadas por hundimientos diferenciales del terreno que se producen por el propio proceso de instalación, así como la mala calidad de algunos materiales o las conexiones defectuosas de las tomas clandestinas. Hoy en día, por ejemplo, en la ciudad de México se desperdician unos 5 mil litros de agua por segundo y se reciben al año entre 22 mil y 25 mil reportes de fugas de agua.

¿Cuánta agua se utiliza para producir los alimentos?

La cantidad de agua utilizada para producir un alimento de origen vegetal, como cereales, verduras y frutas, depende de las necesidades de agua de la planta, del clima -si es muy seco, se necesita más riego- y del rendimiento (que cantidad de producto se obtiene por hectárea). Si es un alimento de origen animal, además del agua que bebe el ganado, se debe considerar el agua utilizada para producir las plantas que sirven de alimento a los animales, para labores de limpieza de las granjas y la usada para la preparación de los productos que se obtienen de los animales, como leche pasteurizada, queso, crema, mantequilla o embutidos. Mientras más eficiente sea el uso del agua, menor será la cantidad necesaria para obtener el producto final.

El agua virtual se refiere a la cantidad total de agua que se requiere para la obtención de un producto, incluyendo el agua utilizada durante el cultivo de la planta, el crecimiento de los animales, su procesamiento y la fabricación de productos industriales. Por ejemplo, el contenido de agua virtual de una playera de algodón, resulta de sumar el agua utilizada para el crecimiento de las plantas y la que se deriva del procesamiento industrial de la semilla de algodón, de la cual se obtiene la tela. Para obtener 1 kg de tela de algodón, se requieren 10 800 litros de agua. De este volumen 45% es agua para riego, consumida por la planta de algodón; 41% es agua de lluvia que se evapora del campo de cultivo durante el periodo de crecimiento; y 14% es el agua necesaria para diluir el agua residual que resulta del uso de fertilizantes en el campo y de sustancias químicas en la industria textil: para el blanqueamiento de la

tela se requieren aproximadamente 30 mil litros de agua por tonelada de algodón y para el teñido de la tela 140 mil litros por tonelada. Así, una playera de algodón, con un peso aproximado de 250 gramos tiene una huella hídrica de 2 700 litros. El concepto de huella hídrica lo explicaremos con en detalle en la siguiente sección. Para cada alimento

y producto industrializado se puede calcular el contenido de agua virtual (Figura 4.28). Esta aproximación es relativamente nueva, mucho más nueva que la huella ecológica que vimos en el primer capítulo, y todavía seguramente se afinarán los métodos para tener cifras más exactas, pero los datos que tenemos son para hacernos reflexionar sobre cómo estamos utilizando el agua.



4.28

¿Cuánta agua se utilizó para hacer tu desayuno?

Considerando el contenido de agua virtual de los alimentos que se consumen en un desayuno sencillo, se puede calcular la cantidad de agua que se invirtió para producirlo:

	Litros
1 vaso de jugo de naranja (200 ml)	170
1 plato de papaya (200 g)	62
2 huevos revueltos (80 g)	270
Jamón (30 g)	260
3 tortillas de maíz (75 g)	150
1 vaso de leche (200 ml) con chocolate (15 g)	256
Total	1 368

Huella hídrica

La huella hídrica individual o per cápita es el volumen de agua utilizado para producir los bienes y servicios que una persona consume. En los países desarrollados, donde el nivel de consumo de bienes y servicios es alto, la huella hídrica per cápita es grande debido en parte al mayor nivel adquisitivo y al mayor consumo de carne y de productos industrializados. Los países en desarrollo, generalmente tienen huellas hídricas bajas, pero también pueden tener huellas hídricas per cápita altas aunque sus tasas de consumo sean menores si tienen una baja eficiencia en el uso del agua o condiciones climáticas desfavorables para el cultivo.

Aunque no te lo imaginas, el consumo del agua entra en la dinámica actual de la globalización. Al beber una taza de café o comprar un pantalón de mezclilla esos productos vienen acompañados con su agua virtual, esto es, que en el lugar donde se produjeron se consumió cierta cantidad de agua. Esto significa que asociado al comercio de bienes también hay atrás un comercio de agua virtual. Si

se considera que una parte de los alimentos que consumimos se traen de otros países, la demanda real de agua para abastecer de alimento a una población o país es diferente de la cantidad de agua que utiliza de manera directa. Si se traen alimentos de otro lugar, se importa el agua virtual del país de origen. México ocupa el sexto lugar mundial entre los países importadores de agua virtual con una importación neta de 29 km³ de agua virtual (29 mil millones de litros). Por el valor de su huella hídrica total, es el décimo país a nivel mundial, con 140 km³ por año. Esta sería la cantidad de agua virtual requerida para satisfacer las necesidades actuales de bienes y servicios del país.

Si se divide el valor de la huella hídrica total entre el número de habitantes del país se obtiene el valor de su huella hídrica por habitante o per cápita. Estados Unidos ocupa el primer lugar mundial por su huella hídrica per cápita estimada en 2 483 m³ por habitante al año, mientras que en México la huella hídrica per cápita es de 1 441 m³ por habitante al año (49^a mundial) (Figura 4.29).



¿Qué puedo hacer...?

- Coloca difusores y otros mecanismos de ahorro en los grifos e inodoros. Existen dispositivos baratos y que se adaptan a las llaves que tengas ya instaladas.
- Repara las fugas, goteras y problemas de funcionamiento en el inodoro.
- Considera la posibilidad de cosechar agua de lluvia y usarla para satisfacer algunas necesidades de la casa. Esto ayuda a disminuir la demanda de agua de la red de abastecimiento pública (ver cuadro *Cosecha de agua de lluvia*).
- No dejes abierta la llave del grifo mientras te cepillas los dientes, afeitas, lavas los platos, o te enjabonas el cuerpo en la regadera.
- Con el lavavajillas y la lavadora, utiliza cargas llenas y ciclos cortos. En caso de ser posible, usa los programas de lavado de bajo consumo de agua.
- Mientras esperas que salga el agua caliente de un grifo o la regadera, puedes llenar otros recipientes con el agua fría y utilizarla para otros fines.
- Riega el jardín por la tarde para evitar la rápida evaporación que ocurre durante el día. Al adquirir plantas para el jardín prefiere aquellas adaptadas al clima de la región en lugar de plantas con mayores requerimientos de agua.
- Lava el coche en casa con cubetas de agua en lugar de usar la manguera.



¿Qué es la cosecha de agua de lluvia?

Es la captación de la precipitación pluvial para usarse en la vida diaria. Aunque la idea no es nueva, es una práctica cada vez más popular en climas áridos.

En la antigüedad, miles de personas empleaban el agua de lluvia como principal forma de abastecimiento y hoy en día, muchas otras la almacenan para satisfacer necesidades básicas, para disminuir el gasto por el consumo del líquido, para afrontar los problemas de escasez y como una medida que contribuye a evitar la baja de los mantos freáticos.

La cosecha de lluvia puede ser tan fácil como poner un tambo o barril debajo de las canaletas del techo o tan complicado como construir una cisterna subterránea con un sistema para sacar el agua.

En la figura se muestra un sistema de captación consistente en una serie de canales que reciben y conducen el agua por gravedad. Si el agua va a ser almacenada, tiene que ser filtrada para eliminar la basura y los sedimentos.

¿Qué puedo hacer...?

El agua que escurre del techo, se recolecta en canales y pasa a través de un filtro antes de llegar al barril de almacenamiento. El agua almacenada puede distribuirse al jardín conforme se requiera usando tubería de riego, o filtrarse antes de su uso dentro de la casa.



Cosecha de agua de lluvia



Lecturas y páginas de internet recomendadas

UNESCO. ¿Hay suficiente agua en el mundo?

Disponible en:

http://www.unesco.org/science/waterday2000/Brochure_spanish.htm

<http://www.cna.gob.mx/>

http://pubs.wri.org/pubs_content_text.cfm?ContentID=984

http://outreach.missouri.edu/mowin/Project31903/Your_body&water.swf

<http://www.soest.hawaii.edu/GG/ASK/waterpol3.html>

http://www.ec.gc.ca/water/en/manage/poll/e_problm.htm

http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/proteger_ecosistemas.shtml

<http://www.epa.gov/safewater/agua/dedonde.html>

<http://www.unicef.org>

<http://www.waterfootprint.org>

<http://www.agua.org.mx>

<http://www.awwa.org/waterwiser/>



Bibliografía

Aranda-Cirerol, N. Alimentando al mundo, envenenando al planeta: eutrofización y calidad del agua. *Avance y Perspectiva* 20: 293-303. 2001.

Caballero-Aquino, T. *Captación de Agua de Lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento*. Manual Técnico. Instituto Politécnico Nacional. México. 2007.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (OPS/CEPIS). *Agua: ¡No al desperdicio, no a la escasez!* Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). 2002. Disponible en:

<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsadiala/e/2002/dia2002.pdf>

CNA. *El agua en México: retos y avances*. CNA. México. 2000.

CNA. *Estadísticas del agua en México*. Síntesis. México. 2005.

CONAGUA. *Lo que se dice del agua*. CONAGUA. México. 2005.



Bibliografía



Coordinación de Turismo y Zonas Costeras-INE. *La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México*. Semarnap/INE.

FEA, Cemda y Presencia Ciudadana Mexicana. *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. México. 2006.

Hoekstra, A.Y. *Virtual water trade between nations: a global mechanism affecting regional water systems*. In Global Change Newsletter. International Geosphere–Biosphere Programme. 2003. Disponible en: <http://www.wateryear2003.org/>

Hoekstra, A.Y. y P.Q. Hung. *Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Value of Water. Research Report Series No.11, IHE Delft, The Netherlands. 2002

Martínez-Omaña, C., V. Libreros-Muñoz, A.M. Quiñones-Castillo, R.I. López-Hernández, G.A. Ortiz Rendón y J.L. Montesillo. *Gestión del agua en el Distrito Federal. Retos y Propuestas*. PUEC-UNAM. 2004.

Monroy, M. *Incierto el abastecimiento de agua potable*. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. PAOT en los medios. Disponible en: www.paot.org.mx/noticias/enlosmedios/notas/Nota19-03_Mayo_2004.php

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). *Evaluación del Desempeño Ambiental México*. Medio Ambiente. París. OCDE. 2003.

Pintado, L. y G. Osorno. *Agua. Usos, abusos, problemas, soluciones*. Intermex. México. 2006.

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. *Promoción de los derechos ambientales y territoriales de los habitantes del Distrito Federal*. Informe Anual 2003. PAOT. 2004. Disponible en: <http://paot.org.mx/centro/paot/informe2003/index.html>

Semarnat. *El Medio Ambiente en México 2005*. En resumen. México. 2006. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>

Semarnat. *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales 2005. México. 2005. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>

UNEP/GRID-Arendal. 2002. *Gráficos vitales del Agua: presentación general del estado de las aguas dulces y marinas del mundo*. UNEP. 2002. Disponible en: <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater>

Bibliografía

UNESCO. *Hechos y cifras: Usos del agua*. World Water Assessment Programme People and the Planet. 2003. Disponible en:
<http://www.wateryear2003.org/es/ev>

UNESCO/WWAP. *Agua para Todos, Agua para la Vida*. Primer Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. UNESCO/WWAP. París. 2003. Disponible en:
http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/index_es.shtml

Unidad de Comunicación Social de la Procuraduría Federal del Consumidor. *Profeco recomienda utilizar accesorios para ahorrar agua*. Boletín No. 21, junio de 2004. Disponible en:
<http://www.profeco.gob.mx/html/prensa/prensa04/juno4/21bolo4.pdf>



Contaminación



5

Calidad del aire

¿Es limpio el aire que respiramos?

Si vives en alguna ciudad es posible que en ocasiones se te irriten los ojos o la garganta. También seguramente has escuchado a las personas mayores comentar que cuando eran niños se respiraba un aire más limpio y que era posible ver lugares muy alejados, ya que el aire era más transparente. Independientemente de la nostalgia por los tiempos pasados, hoy es una realidad que la contaminación del aire es un problema en las grandes ciudades y en las zonas con actividades industriales, ya que es en estos lugares donde se liberan grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera. Precisamente son estos contaminantes los que nos causan molestias en los ojos, piel y vías respiratorias y forman esas “brumas” que en la Ciudad de México nos impiden ver los cerros y volcanes que la rodean.

Pero, ¿cuándo se iniciaron los problemas de contaminación del aire? Desde sus orígenes el ser humano ha emitido contaminantes al aire, pero esto se incrementó de manera dramática a partir de la Revolución Industrial iniciada en el Reino Unido a finales del siglo XVII. En esa época, el trabajo manual fue reemplazado por maquinaria, básicamente por la introducción de tecnologías que empleaban el vapor y que hacían posible tener altos niveles de producción. Todos estos avances



llegaron a Europa continental y América del Norte a finales del siglo XIX, y durante el siglo XX, al resto del mundo. Además de los beneficios de la Revolución Industrial también se incrementó el uso de combustibles, tal como el carbón mineral y el petróleo, indispensables para el funcionamiento de la nueva maquinaria, y que al consumirse emitían grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera.

Desde entonces el problema de la contaminación del aire se ha convertido en una constante en muchas ciudades industriales de todo el mundo, lo que ha causado problemas de salud a la población. Los casos más dramáticos y graves son la famosa niebla tóxica londinense de 1952, el deterioro de los bosques europeos por la “lluvia ácida” en los años cincuenta y sesenta del siglo XX, y la grave situación de la calidad del aire en la Ciudad de México, Tokio y Sao Paulo durante las últimas décadas del siglo anterior. Esto ha obligado a tomar conciencia de la importancia de una atmósfera limpia para el bienestar de la población y del medio ambiente.



RECUADRO

La niebla londinense del 52

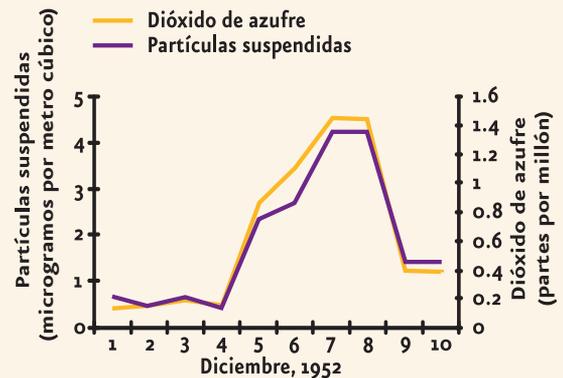
En Londres, capital del Reino Unido, del viernes 5 al martes 9 de diciembre de 1952 murieron cerca de 4 mil personas al cubrirse la ciudad con una intensa niebla que se estacionó y atrapó las emisiones de contaminantes emitidas por las chimeneas y los automóviles de la ciudad. A lo largo de esos días, las concentraciones de partículas suspendidas en la niebla alcanzaron en algunas zonas 40 veces los niveles normales, mientras que el dióxido de azufre (SO_2) aumentó su concentración cerca de 7 veces.



Niebla londinense de 1952

A partir de esta situación se promulgaron en el Reino Unido las Leyes del Aire Limpio –en 1956 y 1968– que prohibieron a los residentes de las áreas urbanas y a los operadores de fábricas el empleo de combustibles generadores de humos que pudieran poner de nuevo en riesgo la salud de la población ante un nuevo fenómeno climatológico de este tipo.

Concentración de contaminantes atmosféricos en Londres, 1952



Contaminantes durante el Gran Smog en Londres en 1952

¿Cuáles son los contaminantes y qué efectos tienen?

La contaminación de la atmósfera no sólo tiene su origen en la industria o nuestros hogares o carros. Los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la Tierra –como el caso de las erupciones volcánicas, que produce emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles-, también contribuyen a la contaminación del aire (Figura 5.1). Afortunadamente la naturaleza tiene la capacidad de depurar en cierta medida la presencia de contaminantes. La lluvia, el viento y la vegetación pueden remover los contaminantes, transformarlos o inmovilizarlos, haciendo que no sean nocivos a los organismos; sin embargo, es natural que esta capacidad de limpieza tenga límites, por lo que los problemas reales de contaminación surgen cuando las emisiones contaminantes son excesivas y sobrepasan dicha capacidad.

Los principales contaminantes relacionados con la calidad del aire son el bióxido de azufre (SO_2), el monóxido de carbono (CO), los óxidos

de nitrógeno (NO_x), las partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles (COV) y el ozono (O_3). Es probable que hayas escuchado que hace algunos años el plomo (Pb) también representó un grave problema en nuestras ciudades, pero debido a que dicho elemento químico se eliminó de las gasolinas, su concentración actual en la atmósfera se encuentra controlada y por debajo de valores que dañen la salud de la población. Como podrás observar en la Figura 5.2, los contaminantes tienen diversos efectos sobre nuestra salud y pueden afectar en mayor medida a las personas más vulnerables, es decir, a niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias.

A veces podemos pensar que los efectos de la contaminación del aire los resentimos solamente nosotros, pero no es así, también los monumentos históricos, los edificios y los ecosistemas naturales pueden sufrir daños. Si has paseado por las calles del centro de la Ciudad de México o alguna otra ciudad con problemas de contaminación del aire, es posible que hayas notado que algunos monumentos o edificios se ven deteriorados, sus materiales pueden estar manchados o desgastados



Los géiseres emiten compuestos de azufre y vapor de agua a la atmósfera

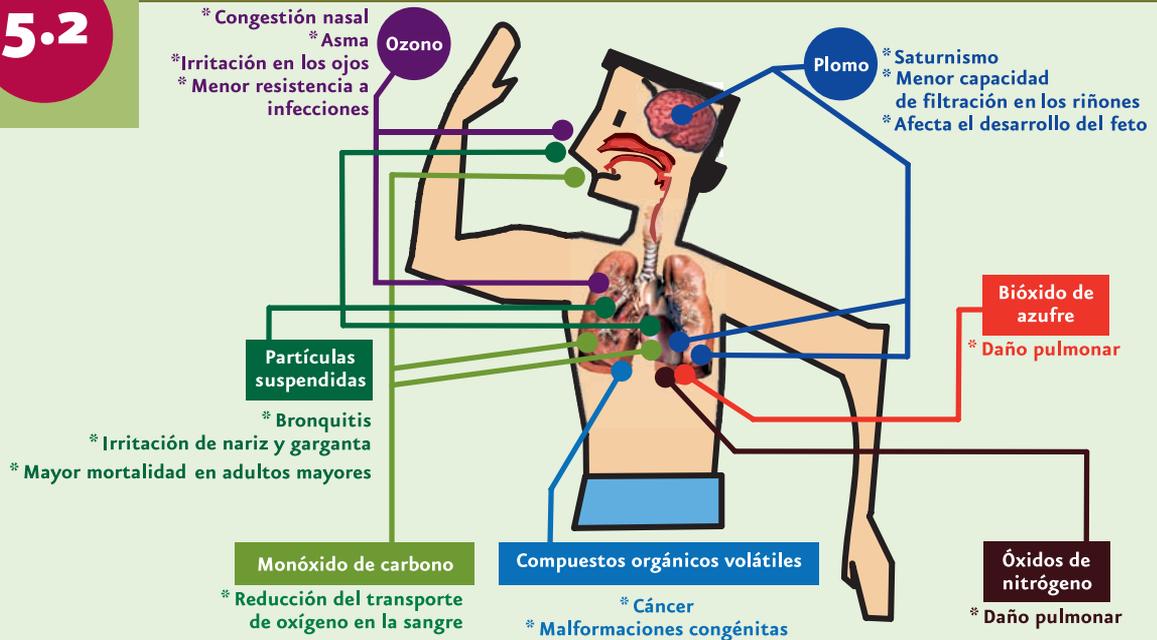


5.1

El volcán Popocatepetl, exhalando una nube de ceniza

5.2

Efectos de los contaminantes en la salud humana



y esto se debe, además del desgaste natural por el agua y el viento, a la llamada lluvia ácida que abordamos en el recuadro de la siguiente página.

También las plantas, animales y otros organismos resienten los efectos de contaminantes como el ozono. Los primeros efectos se observaron en cultivos de uva y en los bosques de pino, pero

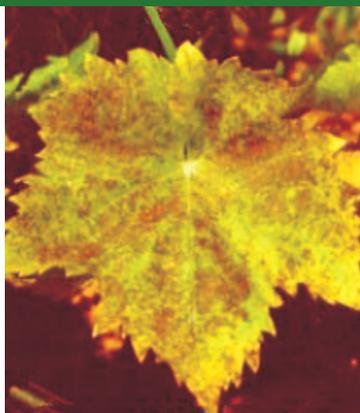
actualmente se sabe que afecta a muchas especies silvestres y de cultivos comerciales como la cebolla, la sandía, la papa, el frijol, el maíz y el tabaco, entre otros (Figura 5.3). Además de las consecuencias directas, el ozono puede generar que los árboles sean más vulnerables al ataque de hongos e insectos que los debilitan o matan.

5.3

Daños causados por el ozono troposférico en hojas de algunos cultivos



Frijol



Uva



Papa

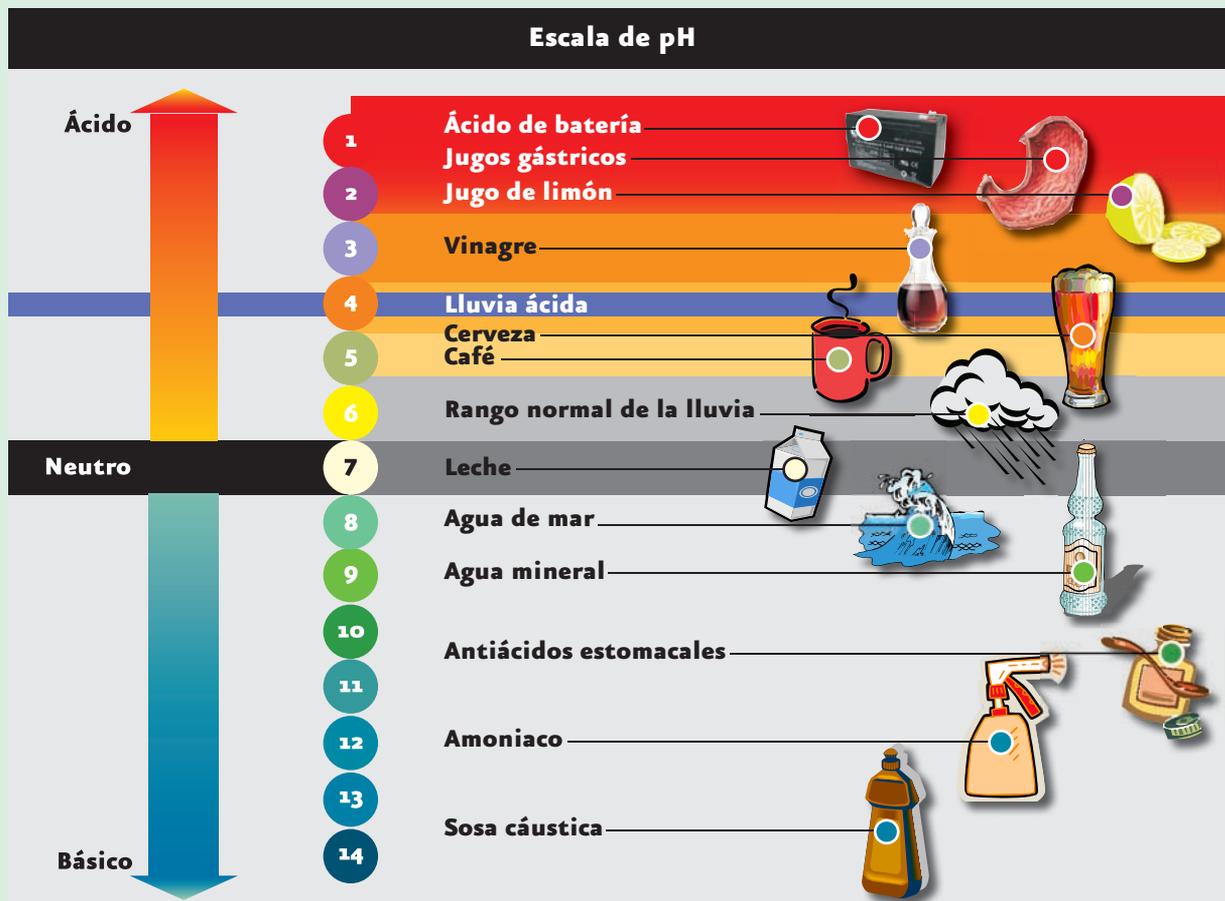
RECUADRO

¿Qué es la lluvia ácida?

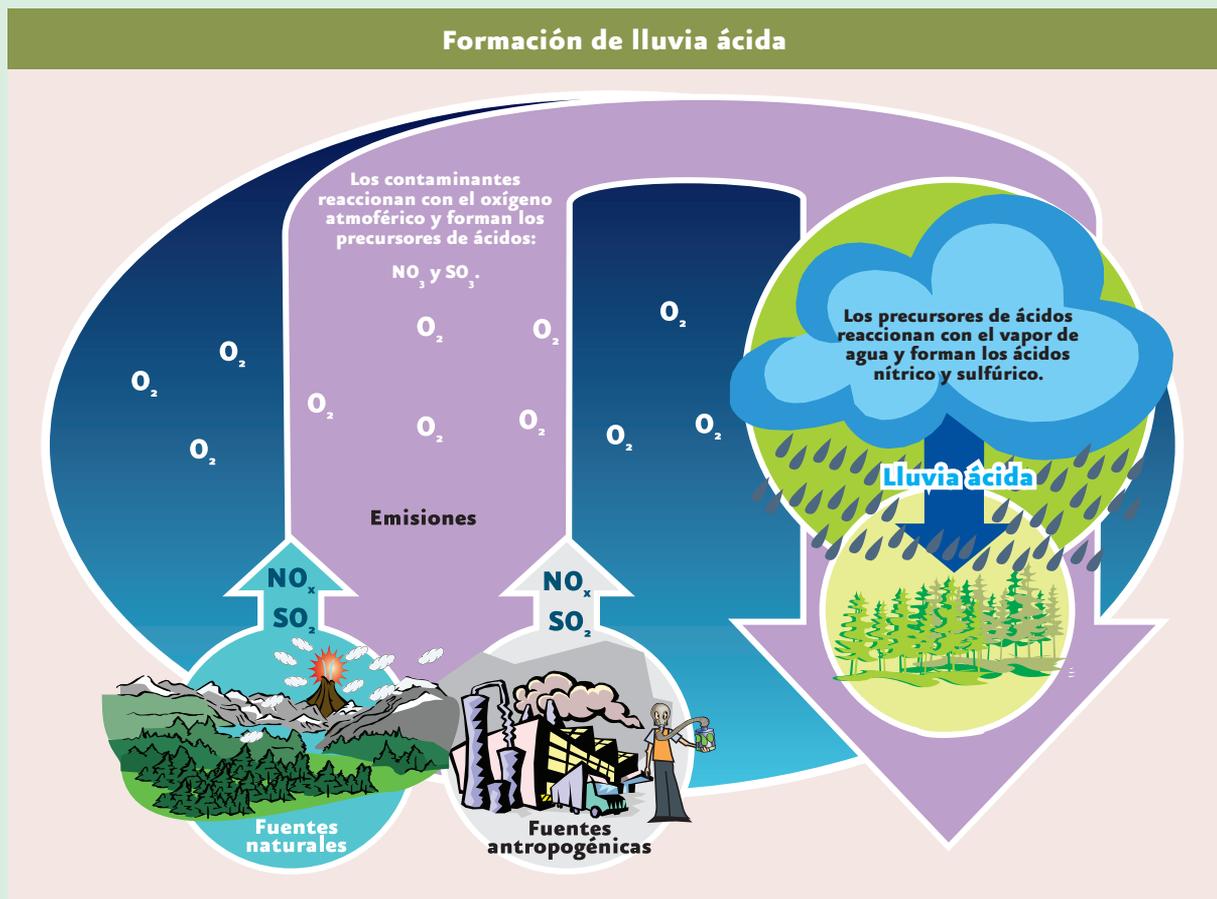
Este término suena casi a ciencia ficción pero no es así. Desafortunadamente, la lluvia ácida realmente existe y es un término que se ha usado para describir el proceso por el cual ciertos ácidos se forman en la atmósfera a partir de contaminantes y luego se precipitan a la tierra. Los científicos saben que el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), resultado de la quema de combustibles fósiles, causan la lluvia ácida. Estas sustancias, en presencia de agua, oxígeno y otros compuestos químicos forman ácidos –como el ácido sulfúrico y el nítrico– que se precipitan a tierra ya sea acompañados por agua –en el caso

de lluvia, nieve o niebla ácidas– o en forma seca –es decir, como gases o partículas–. El pH –escala que mide que tan ácida o básica es una sustancia– de la lluvia normal es de alrededor de 6, mientras que la lluvia ácida oscila entre 4.0 y 4.5. Para ilustrar que tan ácida es la lluvia ácida nos puede ayudar la siguiente figura.

Como imaginarás, la lluvia ácida tiene distintos efectos en el medio ambiente. Produce daños directos e indirectos a los ecosistemas, e incluso, a la salud humana. Cuando no llueve también es posible que caigan partículas sólidas con



Formación de lluvia ácida



moléculas de ácidos adheridas (deposición seca), lo cual puede obstruir y acidificar los diminutos poros de las hojas por los que las plantas toman el aire que necesitan para efectuar la fotosíntesis.

Además, la lluvia ácida degrada los suelos, lo cual afecta las raíces y la nutrición de las plantas. Los bosques son de los ecosistemas en los que más se han documentado los efectos de este fenómeno. Por ejemplo, en el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y en el Parque Nacional Desierto de los Leones, la lluvia ácida ha dañado la vegetación. Entre los efectos más notables están el daño y pérdida de hojas y ramas, un crecimiento lento de los árboles y una mayor vulnerabilidad a ataques de plagas y enfermedades. En Europa, este problema ha sido particularmente importante:

La acidez de la lluvia provoca la pérdida de fertilidad del suelo. En plantas provoca la pérdida de hojas y debilita su tallo.

tan sólo en los últimos años, miles de hectáreas en distintos países han perdido sus bosques como consecuencia de la lluvia ácida. Los ríos, lagos y lagunas también pueden hacerse más ácidos por efecto de la lluvia ácida, lo cual pone en serio riesgo a las especies de plantas y animales que los habitan. En algunos lagos del norte de Europa se ha reportado incluso que han quedado sin ninguna forma de vida luego de la contaminación por lluvia ácida.

Los efectos de la lluvia ácida en los bosques de México y Europa Central



Muerte de oyameles, Parque Nacional Desierto de los Leones, Ciudad de México



En el Bosque de Waldsterben, Montañas Ore, Alemania



En las Montañas de Jizera en la República Checa

Por otro lado, los edificios y monumentos también pueden ser deteriorados por la lluvia ácida, ya que funciona como un agente corrosivo. El mármol y la cantera con la que se han construido monumentos y edificios históricos en nuestras ciudades se han ido dañando en un proceso muy lento pero

continuo. El Laboratorio de Restauración del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM indica que en los últimos 25 años el deterioro de los monumentos y edificios históricos de la Ciudad de México se ha acelerado de manera impresionante por el incremento de los niveles de contaminación.



Europa



Copola, México

Edificaciones dañadas por lluvia ácida

¿Quiénes generan los contaminantes atmosféricos?

Estamos muy acostumbrados a escuchar que la industria y los automóviles son los principales responsables de la contaminación del aire y, aunque esto es cierto, no siempre nos damos cuenta de que nosotros participamos en su generación al hacer uso de estos sectores. Por ejemplo, contribuimos en mayor o menor medida con la emisión de contaminantes cuando vamos a nuestras escuelas o trabajos y empleamos un transporte ya sea particular o público, cuando usamos ropas y productos que son producidos por la industria y cuando empleamos electricidad.

Sabemos entonces que existe un problema y en la medida en que lo conozcamos se puede planear la estrategia para resolverlo. Un paso indispensable es saber cuantos contaminantes emitimos y quienes son los principales responsables. En México, al igual que en otros países, se han desarrollado inventarios de emisiones que proporcionan información sobre la cantidad de contaminantes que se liberan al aire. A principios del año 2006, sólo contábamos con inventarios para algunas ciudades (zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey y Valle de Toluca, así como Ciudad Juárez, Mexicali, Tijuana-Rosarito, Salamanca y el Corredor Industrial El Bajío). Sin embargo, actualmente existe un inventario de emisiones a nivel nacional, que contiene información sobre la cantidad de contaminantes que generamos en 1999 por fuente emisora y entidad federativa.

En ese año, la emisión de contaminantes en el país llegó cerca de 40.5 millones de toneladas, de las cuales 58% correspondieron a fuentes naturales –es decir, el suelo, la vegetación y las actividades volcánicas- y 42% a la contaminación de origen humano (Figura 5.4). Tal vez te preguntes por qué se le da tanta importancia a las emisiones antropogénicas si las naturales parecen ser

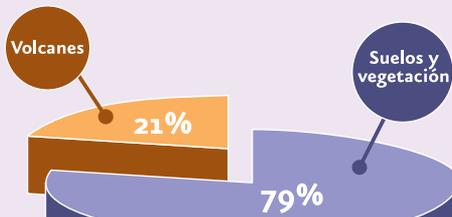
mayores. La razón se encuentra en el hecho de que son precisamente las fuentes antropogénicas las que tenemos más cerca, ya que se encuentran próximas o dentro de los poblados o ciudades que habitamos, por lo que disminuyen la calidad del aire que respiramos. También es importante que tengamos en mente que en el inventario nacional se indica que es posible que las emisiones de fuentes naturales estén sobreestimadas. Esto se debe a que la información con la que se calculan las emisiones de la vegetación y los suelos –como datos de uso de suelo, cobertura de vegetación, temperatura y cobertura de nubes- posee cierto grado de incertidumbre. En el caso de las emisiones provenientes de los volcanes, los métodos para estimarlas así como la variabilidad de las emisiones volcánicas generan un amplio margen de error. ¡Por ello, no debemos subestimar las emisiones antropogénicas!

Para no complicarnos mucho con cuentas y porcentajes te diremos que de las fuentes antropogénicas, los vehículos automotores en los que nos trasladamos y transportamos nuestros productos, son los que produjeron la mayor cantidad de contaminantes, siendo el monóxido de carbono (CO) el gas que más se emitió. A los vehículos les siguen las emisiones de la combustión doméstica, agrícola y para el transporte –que se refiere básicamente al consumo de gas LP- y las emisiones de plantas generadoras de la electricidad que empleamos -que generan principalmente óxidos de azufre (SO_x)-.

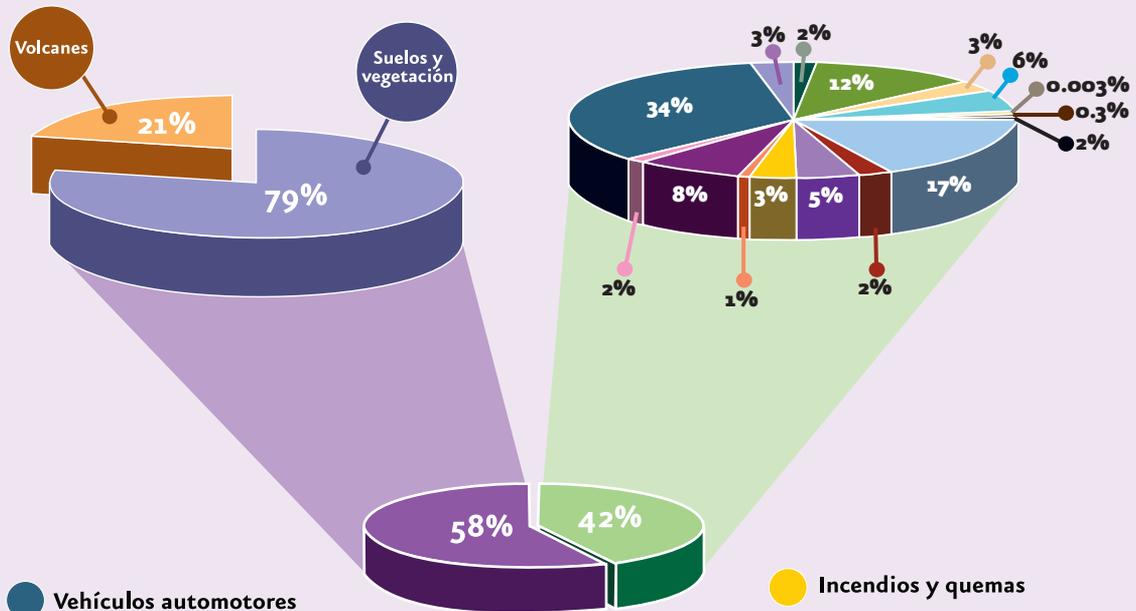
Para poder planear cómo mejorar la calidad del aire es necesario conocer cuánto contaminamos y quiénes contaminan más, lo cual podemos saber a través de los inventarios de emisiones.

Emisión de contaminantes en 1999

Fuentes naturales



Fuentes antropogénicas



- Vehículos automotores
- Maquinaria para la construcción y la agricultura
- Minería
- Plantas de generación de electricidad
- Refinación de petróleo y otros combustibles fósiles
- Manufactura y otros procesos industriales
- Hospitales, lavanderías, escuelas, etc.
- Comercialización al mayoreo de bienes perecederos

- Combustión industrial de combustibles
- Otros usos de combustibles
- Distribución de combustible
- Uso de solventes

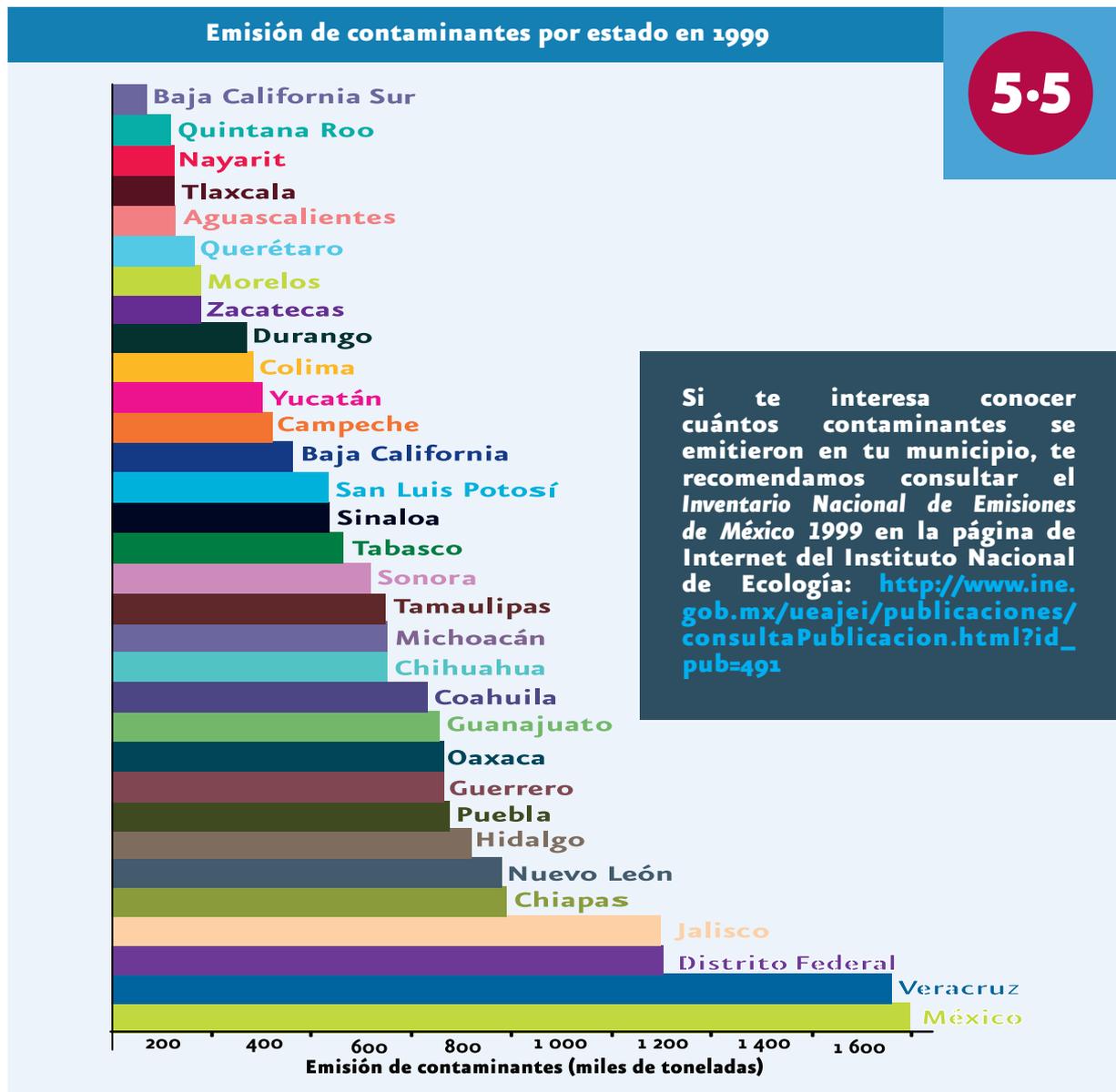
- Incendios y quemaduras
- Polvo fugitivo
- Fuentes de amoníaco
- Tratamiento de aguas residuales, aviones, trenes, panaderías, etc.

5.4

Excluyendo a las fuentes naturales, la mayor parte de las emisiones de contaminantes provienen de los vehículos automotores, de la generación de electricidad y de la quema de combustibles empleados en las viviendas, en el sector agrícola y para el transporte.

Sabiendo que los automóviles y las industrias son las principales fuentes de contaminantes ya te imaginarás que los estados que tienen grandes ciudades o industrias emiten más contaminantes que los demás. Como puedes notar en la Figura 5.5, los cuatro estados que emitieron más contaminantes en el año 1999 fueron el de México, Distrito Federal –provenientes principalmente del transporte–, Veracruz –combustión

doméstica de leña, vehículos y generación de electricidad entre otros– y Jalisco –transporte, combustión doméstica de leña y solventes–, que generaron cada uno entre 6 y 9% de las emisiones antropogénicas totales nacionales. En contraste, Baja California Sur, Quintana Roo, Nayarit, Tlaxcala y Aguascalientes emitieron cada uno menos de 1% del total.



RECUADRO

La contaminación en el Valle de México

“Viajero, has llegado a la región más transparente del aire”. Con estas palabras se refirió el escritor Alfonso Reyes a lo que ahora es la Ciudad de México en su libro *Visión de Anáhuac*. ¿Te imaginas cómo habrá sido el aire en la época en que llegó Hernán Cortés a Tenochtitlan? De hecho, aunque no nos remontemos tanto tiempo, es probable que tus abuelos o incluso tus padres te hayan contado que cuando eran niños el aire era transparente. La calidad del aire de la Ciudad de México y sus alrededores se fue deteriorando de la mano con el crecimiento poblacional que trajo consigo un mayor número de vehículos y

una intensa actividad industrial. Los primeros indicios del problema se identificaron a principios de la década de los sesenta. A partir de entonces se iniciaron los esfuerzos para solucionar este problema, a través del monitoreo de la concentración de contaminantes, aunque fue hasta 1986 que el registro fue sistemático. En el caso de los inventarios de emisiones, no fue sino hasta 1988 que se implementó el Sistema Nacional del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas, así como un proyecto para cuantificar las emisiones en el Valle de México.

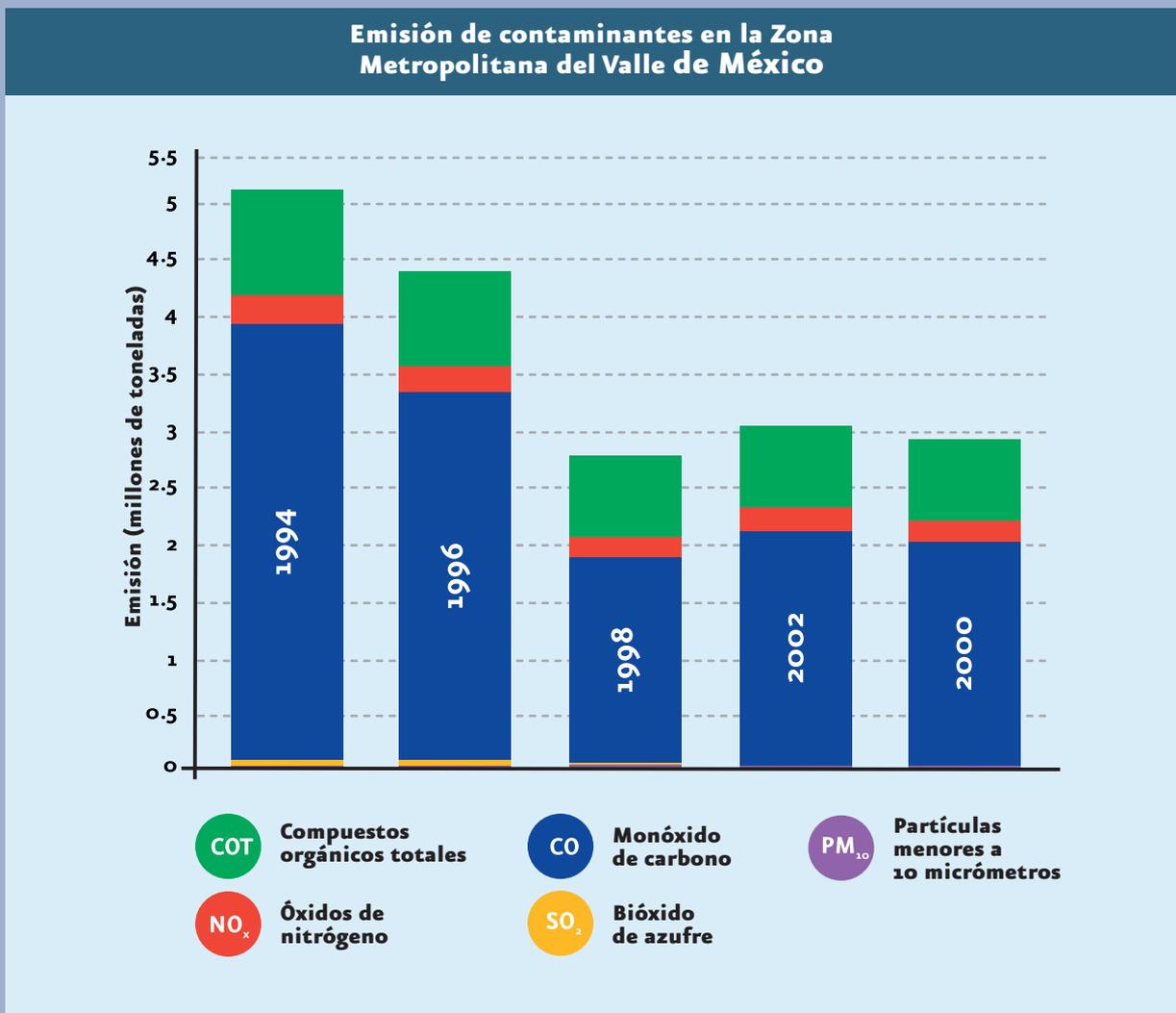
Contraste entre un día despejado y uno muy contaminado en la Ciudad de México



Como puedes observar en la figura de abajo, el total de contaminantes emitidos en el Valle de México se redujo de manera importante entre 1994 y 1998, y no ha habido cambios muy evidentes desde entonces. El monóxido de carbono (CO) es el contaminante que más se ha emitido (más de 60% del total) y son principalmente las llamadas fuentes móviles (automóviles, transporte de carga, de pasajeros, entre otros) las responsables. Esta reducción en la emisión de contaminantes se asocia sin duda a las mejoras en las fórmulas de las gasolinas y diesel, así como en los combustibles

industriales. Dichas mejoras han sido, por ejemplo, la eliminación del plomo de la gasolina, la reducción del contenido de azufre tanto de la gasolina como del diesel y la introducción de gasolina oxigenada y reformulada que contamina menos.

Tal vez ya no podamos reconocer al Valle de México como "...la región más transparente del aire", pero a pesar de que la problemática aún es importante, se ha avanzado en la disminución de las emisiones de contaminantes atmosféricos.



¿Cómo sabemos si la calidad del aire es buena?

Para responder a esta pregunta, existe una red de monitoreo atmosférico que abarca 52 ciudades y zonas metropolitanas que mide los niveles de contaminación presentes en el país (Figura 5.6). La concentración de los contaminantes en el

aire se obtiene mediante la toma de muestras de aire que se analizan y procesan. La red local más completa y antigua es la localizada en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), que cuenta con 36 estaciones automáticas y 13 estaciones manuales que registran diariamente y al menos cada hora la concentración de los contaminantes atmosféricos.

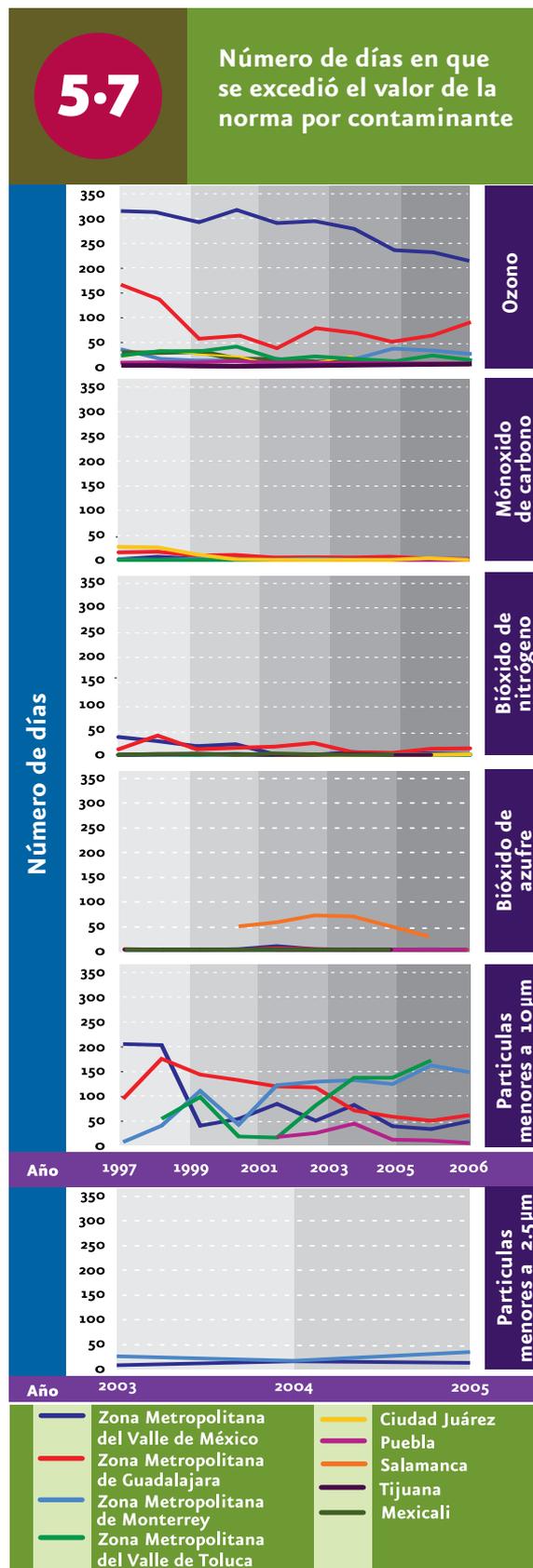


¿Qué tan limpio es el aire que respiramos?

Después de que vimos qué cantidad de contaminantes emitimos a la atmósfera, podrás imaginar que el aire no debe estar tan limpio, pero ¿qué tan limpio es el aire que respiramos? Lo primero que tenemos que hacer es definir un punto de referencia (en este caso una concentración de contaminantes) que marque, por ejemplo, la concentración máxima que puede tolerar una persona sin sufrir daño. Si la concentración de contaminantes supera este valor estamos en la zona de mala calidad del aire y si está por debajo, nos encontramos en la zona aceptable. Estos valores umbrales son las llamadas normas y se establecen para cada contaminante. La forma más sencilla para evaluar la calidad del aire en una zona es registrando el número de días al año en los que la concentración de contaminantes excede los límites establecidos en las normas; entre más días al año se sobrepasen los valores fijados en la norma, peor calidad del aire tiene dicha zona.

Las zonas metropolitanas o poblaciones para las que tenemos esta información son las Zonas Metropolitanas del Valle de México (ZMVM), Guadalajara (ZMG), Monterrey (ZMM), Valle de Toluca (ZMVT) y las ciudades de Puebla, Salamanca, Juárez, Tijuana y Mexicali. En la Figura 5.7 notarás que los contaminantes que representan el mayor problema en todas esas poblaciones son el ozono y las partículas menores a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), ya que el número de días en que se sobrepasa el límite establecido en la norma es mayor.

En el caso del ozono, destaca el caso de la ZMVM en donde, en el año 2006, la concentración de este contaminante rebasó 218 días la norma, es decir, en 60% de los días del año la concentración de ozono estuvo por arriba del límite permitido.



Sin dejar de reconocer que la calidad del aire en la ZMVM sigue siendo no adecuada la mayoría de los días del año, es justo señalar que tanto la concentración, como el número de días que se rebasa la norma están muy por debajo de los 322 días que se registraron en 1997. En el caso de las PM_{10} , todas las ciudades han rebasado también al menos un día los límites definidos, pero muestran una tendencia a la baja, con excepción de la ZMVT y la ZMM. Para los demás contaminantes medidos, afortunadamente son poco frecuentes los días en que sus concentraciones representan un riesgo para la salud de las personas.

¿Qué hacemos y qué nos hace falta?

Se han tomado diversas medidas para reducir la emisión de contaminantes y mejorar la calidad del aire. Entre ellas destacan la mejora de los combustibles, la adopción de tecnologías menos contaminantes en los automóviles y programas impulsados por las autoridades para limitar la emisión de contaminantes tanto de vehículos como de industrias.

En la década de los ochenta, existían las gasolinas Nova y Extra que contenían compuestos de plomo, pero debido a las elevadas concentraciones de este metal en el aire de la Ciudad de México, el gobierno acordó con los representantes de la industria automotriz en 1986 la gradual eliminación de la gasolina con plomo. En este mismo año, Petróleos Mexicanos (Pemex) introdujo la gasolina Nova Plus con un menor contenido de plomo y en 1990 comenzó el uso de la gasolina sin plomo Magna Sin. Como imaginarás, la exposición a plomo en la Ciudad de México se redujo de manera importante a partir de la implementación de estas medidas. Aunque se impulsaron primero en la Ciudad de México y sus alrededores, posteriormente se llevaron a cabo en el resto del territorio nacional y a partir de 1998 ya no se utiliza gasolina con plomo en todo el país.

También se ha reducido de manera paulatina la cantidad de azufre presente en los combustibles, tanto en las gasolinas como en el diesel vehicular e industrial. Es posible que hayas escuchado en las noticias que nuevamente se redujo el contenido de azufre en gasolinas; actualmente la gasolina Premium UBA (Ultra Bajo Azufre) es la que menor cantidad de azufre contiene y a ella le sigue la Magna, ambas con calendarios para futuras reducciones. En el caso del diesel también existe un calendario de reducción de azufre al año 2012.

Además de las mejoras en los combustibles, se han hecho esfuerzos por mejorar las tecnologías automotrices, por ejemplo, a partir de 1986 se instalaron convertidores catalíticos en los automóviles nuevos para disminuir la cantidad de emisiones. Entre los programas que se han impulsado en algunas ciudades para reducir las emisiones de los vehículos están el Hoy no circula y la Verificación vehicular.

Las medidas instrumentadas en varias ciudades del país, para reducir o eliminar las contingencias ambientales, buscan disminuir la concentración de contaminantes atmosféricos durante los episodios de altas concentraciones de contaminación y proveer de información al público para la protección de su salud. También existen los programas para mejorar la calidad del aire (Proaires) que buscan revertir las tendencias de deterioro, ya que incorporan medidas para el control y abatimiento de las emisiones de contaminantes. A la fecha, las zonas para las que se ha desarrollado un Proaire son: Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Valle de Toluca, Ciudad Juárez, Tijuana-Rosarito, Mexicali, Salamanca, Valle de Puebla y Michoacán.

Por otro lado, algunas gasolineras han instalado sistemas de recuperación de vapores, se han realizado inversiones para disminuir las emisiones

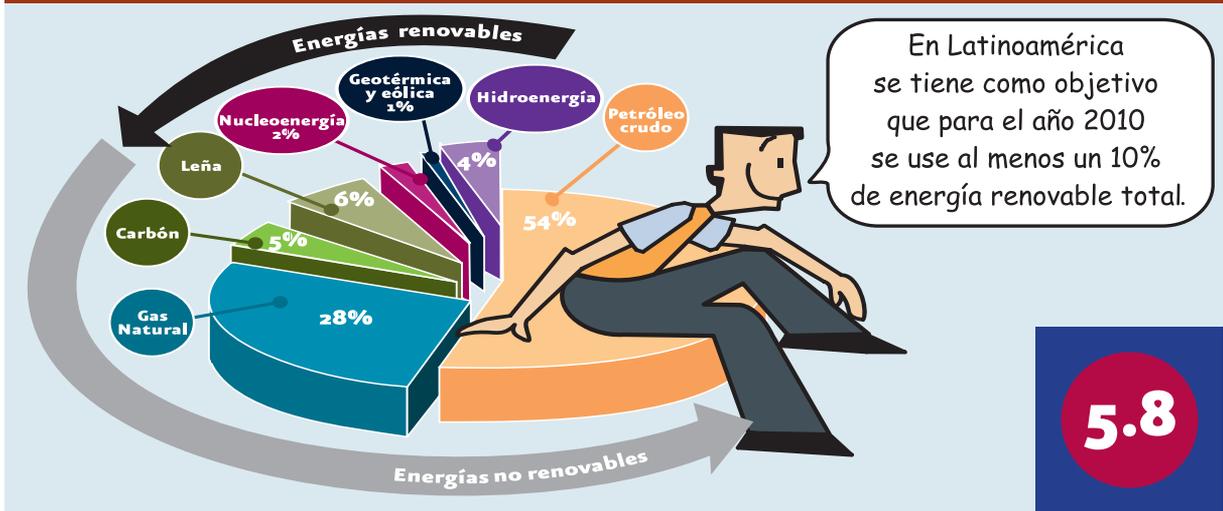
de termoeléctricas y se han iniciado programas de control de emisiones en las industrias, entre otros. En localidades rurales se está impulsando el uso de estufas de leña eficientes que disminuyen la emisión de contaminantes. Actualmente existen dos centrales eólicas para generar electricidad a partir de la energía del viento, una en La Venta, Oaxaca y la otra en Guerrero Negro, Baja California Sur. La lista de ejemplos puede seguir pero, aunque los esfuerzos por mejorar la calidad del aire han sido significativos, aún queda mucho por hacer.

Debido a que el sector transporte es el responsable de la mayor cantidad de emisiones a la atmósfera, se debe mejorar e impulsar el uso del transporte público y paralelamente la tecnología de los automóviles debe ser orientada a reducir sus emisiones. La industria debe desarrollar e implementar procesos de producción cada vez más limpios y se debe impulsar el desarrollo de energías renovables. Como puedes notar en la Figura 5.8 en el año 2004 el petróleo representó 54% del consumo nacional de energía, el gas natural 28%, la hidroenergía y las energías eólica y geotérmica 5%.

Metrobús de la Ciudad de México



Consumo nacional de energía en el año 2004



5.8

RECUADRO

¿Qué es el Imeca? ¿Y las contingencias ambientales?

En algunos periódicos, el radio o la televisión se puede leer o escuchar que el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, conocido como Imeca, alcanzó algún valor determinado. Aunque al principio costó trabajo entender qué significaba este índice, después de algunos años una gran parte de los habitantes de la ciudad pudimos interpretar los valores reportados; sabemos que si estamos por arriba de 100 Imeca la calidad del aire no es buena y que si el valor es igual o menor

a 100 entonces la calidad de aire es por lo menos aceptable. El Imeca también es útil para que las autoridades tomen las medidas pertinentes de protección. En la siguiente tabla te mostramos los valores de Imeca, y con base en ello cómo se considera la condición del aire, así como los efectos a la salud.

En otras ocasiones, los medios informan que las autoridades han declarado contingencia



0 - 50	Buena	Adecuada para llevar a cabo actividades al aire libre.
51 - 100	Regular	Posibles molestias en niños, adultos mayores y personas con enfermedades.
101 - 150	Mala	Causante de efectos adversos en la salud en la población, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma.
151 - 200	Muy mala	Causante de mayores efectos adversos en la salud de la población, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma.
>200	Extremadamente mala	Se puede presentar complicaciones graves en los niños y/o respiratorias como el asma.

Cuando el Imeca de cualquier contaminante rebasa los 100 puntos significa que sus niveles son perjudiciales para la salud y en la medida en que aumenta su valor pueden agudizarse sus síntomas.

ambiental y cuando ello ocurre generalmente se reducen las actividades de algunas industrias e, incluso, puede ser que se limite el uso del automóvil. Cuando las autoridades declaran contingencia ambiental es porque se presentó una situación eventual y transitoria, en la que la concentración de contaminantes en la atmósfera alcanzó niveles que pudieron ser dañinos para la población en general y no sólo para la población más susceptible –como los niños, ancianos y personas con enfermedades que las hacen más vulnerables-.

Algunas de las ciudades y zonas industriales que cuentan con programas de contingencias ambientales por contaminación atmosférica son: el Valle de México, Guadalajara, Monterrey y Salamanca. En la ZMVM la última vez que se declaró una contingencia ambiental por ozono fue en el año 2002 y por PM_{10} en 2005.

En el Valle de México, algunas de las medidas que se aplican durante una contingencia son:

- Suspensión de actividades deportivas, cívicas y de recreo al aire libre.
- Suspensión de quemas a cielo abierto.
- Suspensión de actividades de bacheo y pintado.
- Restricción a la circulación vehicular adicional al programa Hoy No Circula.
- Reducción de emisiones en la industria manufacturera entre 30 y 40%.

- Reducción hasta 50% en la producción de las termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México.
- Suspensión de actividades de las gasolineras que no cuenten con sistema de recuperación de vapores.
- Suspensión de labores que impliquen liberación de hidrocarburos a la atmósfera en plantas de distribución y almacenamiento de gas licuado de petróleo.
- Suspensión de actividades en la planta de asfalto del GDF.
- Vigilancia epidemiológica en las zonas de la ZMVM en las que se registren los más altos valores Imeca.

Si te interesa saber en detalle la aplicación del Programa de Contingencias Ambientales y más sobre el Imeca puedes consultar la página de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal en:

<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pncontingencia.htm>
<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnimeca.htm>

¿Qué puedo hacer...?



También a nivel individual podemos contribuir a mejorar la calidad del aire de nuestra localidad. A continuación te presentamos una serie de medidas que puedes tomar o que puedes proponer a tu familia para reducir la cantidad de emisiones que generan.

Con tu automóvil:

- Reduce su uso o al menos procura transportarte junto con otras personas y procura emplear más a menudo los medios de transporte público. Camina más.
- Evita que se sobrellene el tanque de gasolina. Así se evitan derrames y que se evaporen los compuestos de la gasolina.
- Procura que esté afinado y llévalo al servicio.
- Asegúrate de que los neumáticos tengan la presión de aire adecuada. Esto mejorará el desplazamiento del vehículo y ayudará a ahorrar gasolina.
- No conduzcas a altas velocidades y evita frenar o arrancar repentinamente, ya que esto genera un mayor consumo de combustible.
- Si tu familia piensa cambiar de coche o adquirir uno, convéncelos de que sea uno con una tecnología que permita una reducción de las emisiones de contaminantes.

En tu vida diaria:

- Evita quemar basura, hojas y otros objetos, así como hacer fogatas en bosques o en plena ciudad.
- No olvides cerrar adecuadamente los contenedores de solventes, pinturas y otros químicos que puedan contener sustancias que se evaporen a la atmósfera.
- Toma baños cortos. Cuando salgas de vacaciones apaga el calentador de agua, no lo dejes en piloto, ya que se sigue consumiendo gas.
- Si ahorras electricidad, reciclas y en general cambias tus hábitos de consumo a un consumo más responsable, disminuirás la cantidad de emisiones que se generan como resultado de su producción.

Lecturas y páginas de internet recomendadas

EPA. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Aire. Disponible en: <http://www.epa.gov/espanol/aire.htm>

Green Facts. *Consenso Científico sobre la Contaminación del Aire*. Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/contaminacion-aire/index.htm>

INE. Dirección en Investigación sobre Calidad del Aire. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/dgicurg/calair/index.html>

INE. SINAICA. *Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Aire*. Disponible en: <http://sinaica.ine.gob.mx/index.html>

SMA. *Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México*. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/simat/>



Residuos

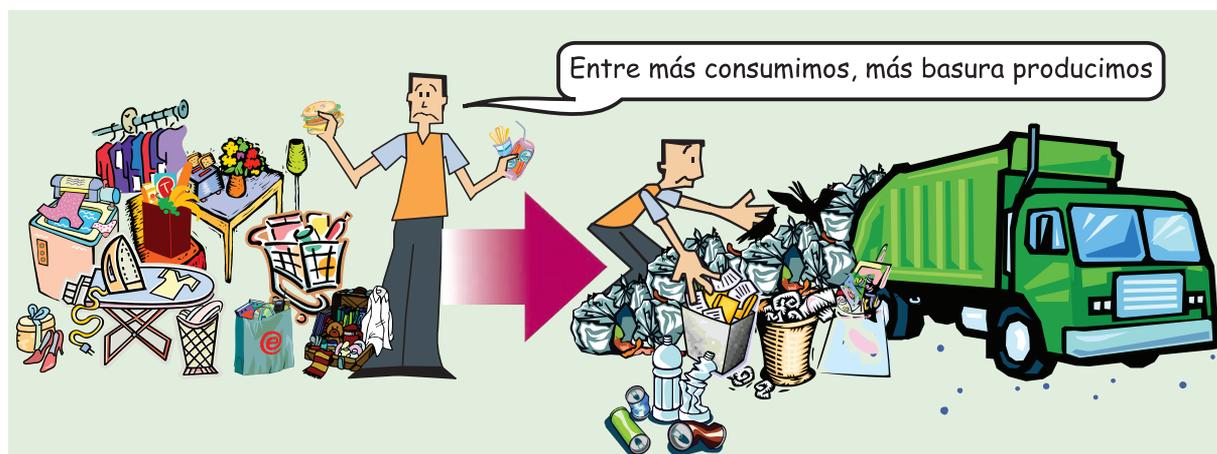
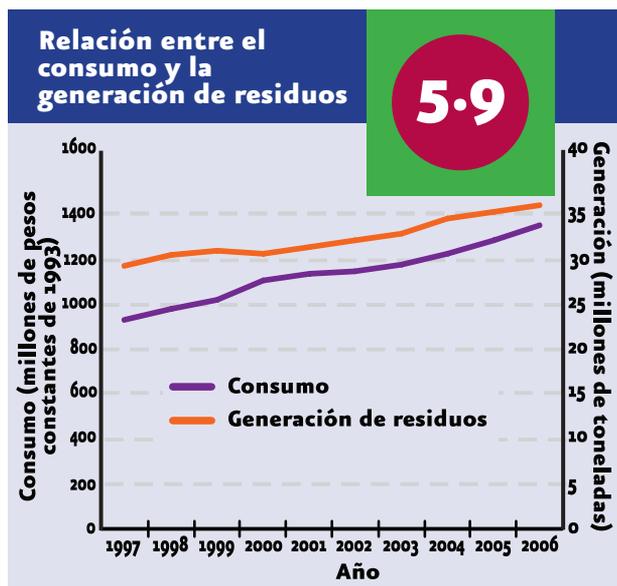
¿Cuánta basura producimos?

¿Alguna vez has visto las montañas de basura que se acumulan en las afueras de tu comunidad o en los tiraderos municipales? Imagínate entonces de qué tamaño serían las pilas que podríamos reunir si juntáramos la basura que producimos los cerca de 103 millones de mexicanos en un año. Para ayudarte con las cuentas, en el 2005 los mexicanos produjimos cerca de 35 millones de toneladas de basura, es decir, cerca de 350 veces el peso del concreto empleado en la construcción del Estadio Azteca.

Pero, ¿qué es la basura? Los residuos sólidos urbanos, como oficialmente se les llama, no son otra cosa que los residuos generados en nuestras casas como resultado de las actividades domésticas y de los productos que consumimos. Entre ellos están los desechos orgánicos que resultan de los alimentos, así como el papel, cartón, vidrio, tela y plástico, entre otros materiales, que ya no utilizamos y no queremos más en nuestros hogares. En este conjunto de residuos también se incluyen los generados en restaurantes y centros comerciales, así como en la vía pública.

La cantidad de residuos que generamos está directamente relacionada con nuestro estilo de vida. Esto quiere decir que si compramos una

gran cantidad de productos, ya sea para nuestra subsistencia, arreglo personal o entretenimiento, grande será también la cantidad de basura que produciremos. Esto puede verse de manera sencilla en la Figura 5.9, en la que las líneas de consumo y producción de residuos crecen de manera paralela. Con esto en mente, es fácil pensar que es en las ciudades donde más residuos se generan, por el número de personas que las habitan, y por su estilo de vida caracterizado por un mayor consumo de productos que en las zonas rurales. Tan sólo en 2006, las zonas metropolitanas



El peso de la basura producida por los mexicanos en 2005 fue equivalente a 350 veces el del concreto empleado para construir el Estadio Azteca.

—es decir, las que tienen más de un millón de habitantes— produjeron el 45% del total de basura que se generó en el país (Figura 5.10).

La composición de la basura es muy variada. En México lo que más generamos es basura orgánica, proveniente principalmente de la comida y los jardines, seguida por los residuos del tipo de los pañales desechables y en tercer lugar el papel, cartón y otros productos derivados del papel (Figura 5.11). Es importante decir que aunque los pañales, plásticos y vidrios se producen en menor cantidad que la basura orgánica, ésta se degrada rápidamente en 3 o 4 semanas, mientras que los plásticos pueden tardar en descomponerse entre 100 y 1 000 años.

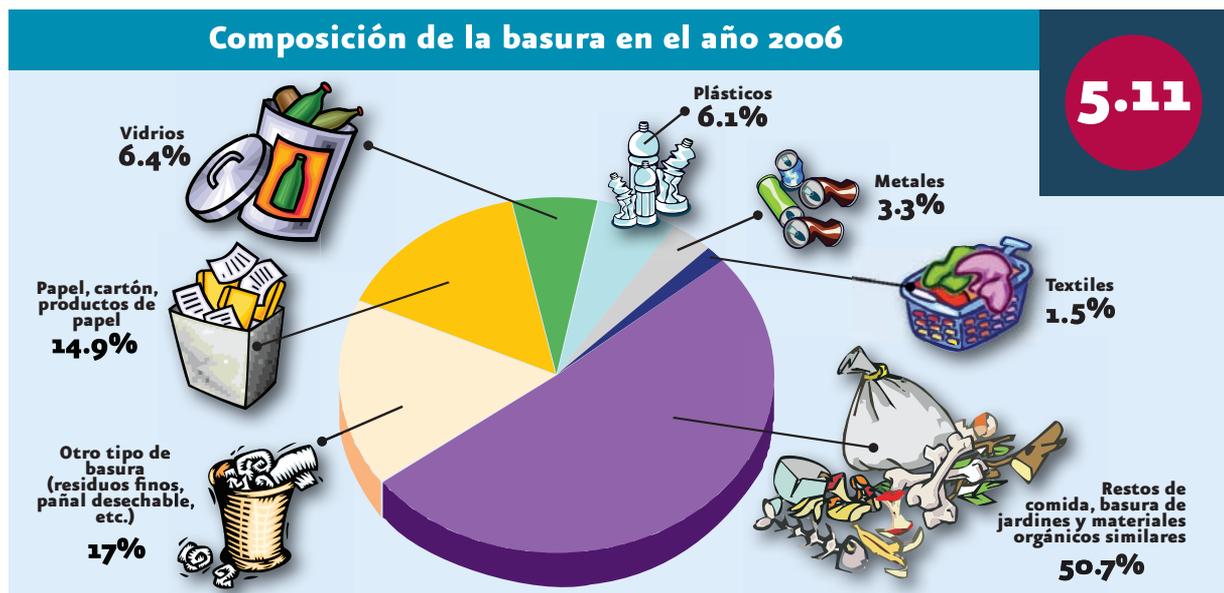
¿Qué hacemos con nuestra basura?

Es común que la gente sienta que cuando deja la basura en los botes de la calle o la lleva a los camiones recolectores, la historia de la basura acaba allí. Sin embargo, la basura sigue un largo



camino después de que nos deshacemos de ella: se transporta, se concentra en sitios llamados de transferencia y se dispone finalmente en algún sitio.

Es posible que hayas notado que las personas del camión recolector separan parte de la basura, esto se debe a que no toda la basura es inservible. El



Los rellenos sanitarios son sitios con características de ingeniería que permiten controlar los residuos para evitar daños a la salud o al ambiente.

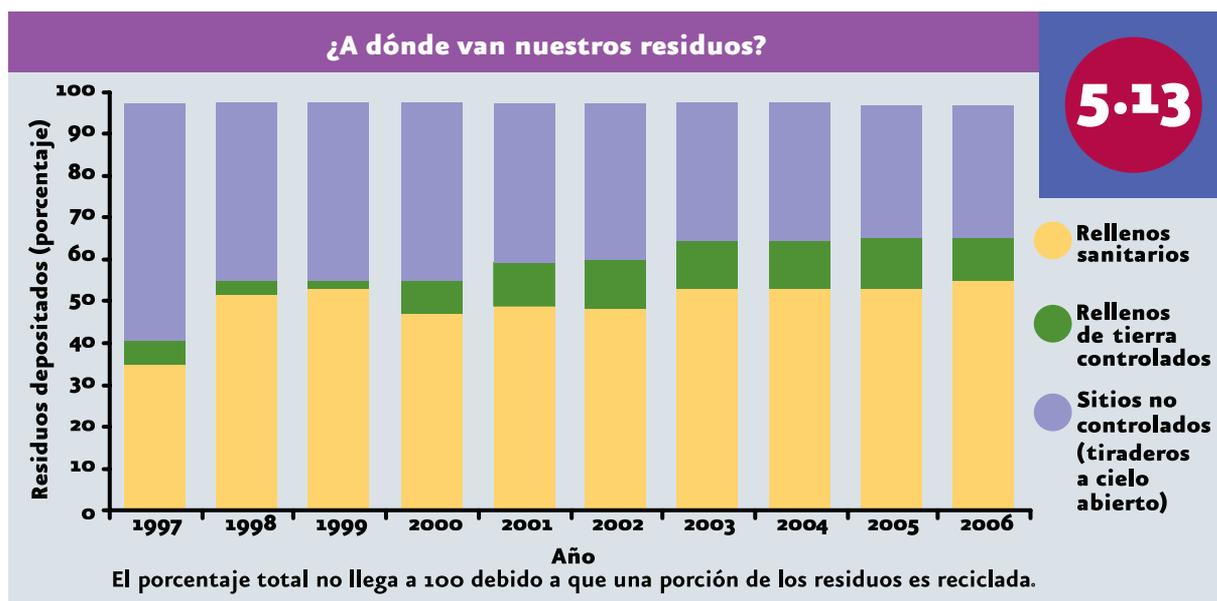
cartón, las latas y el vidrio, entre otros materiales, pueden ser reusados o reciclados. Este proceso de separación y reciclaje de la basura se da a lo largo de su camino hasta el sitio de disposición final. Desafortunadamente, el porcentaje de basura reciclada es muy bajo, se calcula que es cercano al 2.4% del volumen total de residuos generados y podría alcanzar 12% si se toma en cuenta que gran parte de la basura se separa directamente en los camiones recolectores.

Con el fin de tener un control sobre la basura y evitar los daños potenciales a la salud o al ambiente, existen sitios donde almacenarla permanentemente: los rellenos de tierra controlados y los rellenos sanitarios. La disposición final en estos sitios permite que se reduzca nuestra exposición a los residuos, ya que el contacto con ellos puede generar, además de la molestia por los malos olores, enfermedades



transmitidas por animales –mosquitos, ratas y cucarachas, por ejemplo- y otras afectaciones al medio ambiente.

Hasta el momento, la mejor manera de disponer de la basura es a través de los rellenos sanitarios, que son sitios construidos con características que permiten hacerlo de una forma segura (Figura 5.12). Como podrás observar en la Figura 5.13, en 1997 más de la mitad de los residuos



se disponían sin control en tiraderos a cielo abierto. Afortunadamente, ya en 2006, 55% de los residuos sólidos urbanos se depositaron en rellenos sanitarios y 10% en rellenos de tierra controlados. Aunque estos datos muestran un comportamiento positivo, el panorama no es para estar del todo contentos: todavía cerca de la tercera parte de la basura generada se deposita en sitios no controlados que representan focos de infecciones y fuentes de contaminación al ambiente.

¿Qué son los residuos peligrosos?

Existe otro tipo de residuos, conocidos como peligrosos, que son diferentes a los que producimos comúnmente en nuestras casas, escuelas o lugares de trabajo. ¿Has notado que en las gasolineras y hospitales hay contenedores que tienen la leyenda residuos peligrosos? Como resultado de las

actividades de las industrias, hospitales, talleres e incluso en nuestras casas, se generan residuos que pueden ser muy peligrosos para nuestra salud y el ambiente. Ejemplos de graves intoxicaciones por residuos peligrosos, específicamente por mercurio o cadmio, han ocurrido en países como Japón en 1953 y 1960 o incluso en México, con la contaminación por cromo descargado en las aguas residuales de Tultitlán, estado de México, entre 1974 y 1977 (ver el recuadro *Los Residuos peligrosos, un riesgo para la salud*).

La ley define a los residuos peligrosos como aquéllos que poseen alguna de las características llamadas “CRETIB”, es decir, que sean Corrosivos, Reactivos, Explosivos, Tóxicos, Inflamables o Biológico-infecciosos, así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados por ellos. Algunos ejemplos de residuos peligrosos son los lodos que quedan del

Clasificación de los residuos peligrosos

5.14

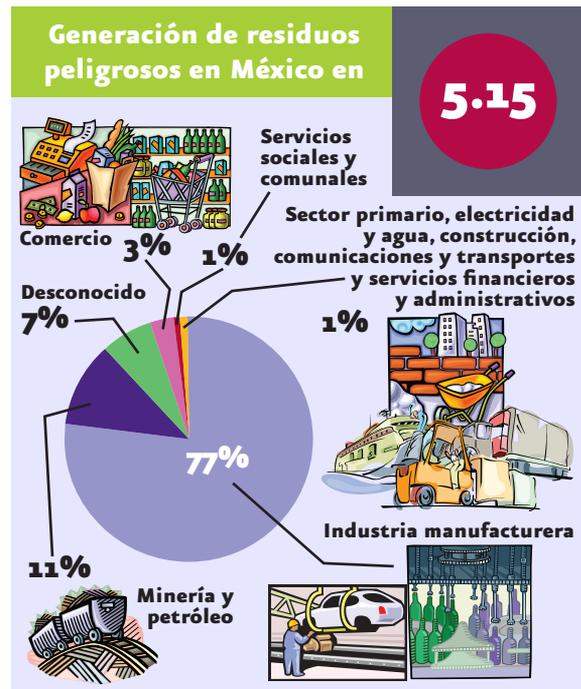
 <p>Corrosivos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Ácidos fuertes *Bases fuertes *Fenol *Bromo *Hidracina  <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Destapaños</p>	 <p>Explosivos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Peróxidos *Cloratos *Percloratos *Ácido pícrico *Trinitrotolueno  <p>TNT</p>	 <p>Inflamables</p> <ul style="list-style-type: none"> *Hidrocarburos aromáticos *Alcoholes *Éteres *Aldehídos *Cetonas 
 <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Nitratos *Metales alcalinos *Metil isocianato *Magnesio *Cloruro de acetileno 	 <p>Tóxicos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Cianuros *Arsénico y sales *Plomo *Anilina *Plaguicidas  <p>DDT Plaguicida</p>	 <p>Biológico-infecciosos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Sangre biológicos *Muestras biológicas (orina, excremento) *Jeringas (las que han estado en contacto con humanos o animales) *Tejidos, órganos y partes que se extirpan o remueven 

tratamiento de aguas residuales, el aceite gastado, los residuos de pintura y del curtido de las pieles, las pilas y otras baterías (ver el recuadro ¡Ponte las pilas con las pilas!), así como los desechos de sangre (Figura 5.14). En todos estos casos podrás notar que los residuos poseen al menos una de las características CRETIB que mencionamos.

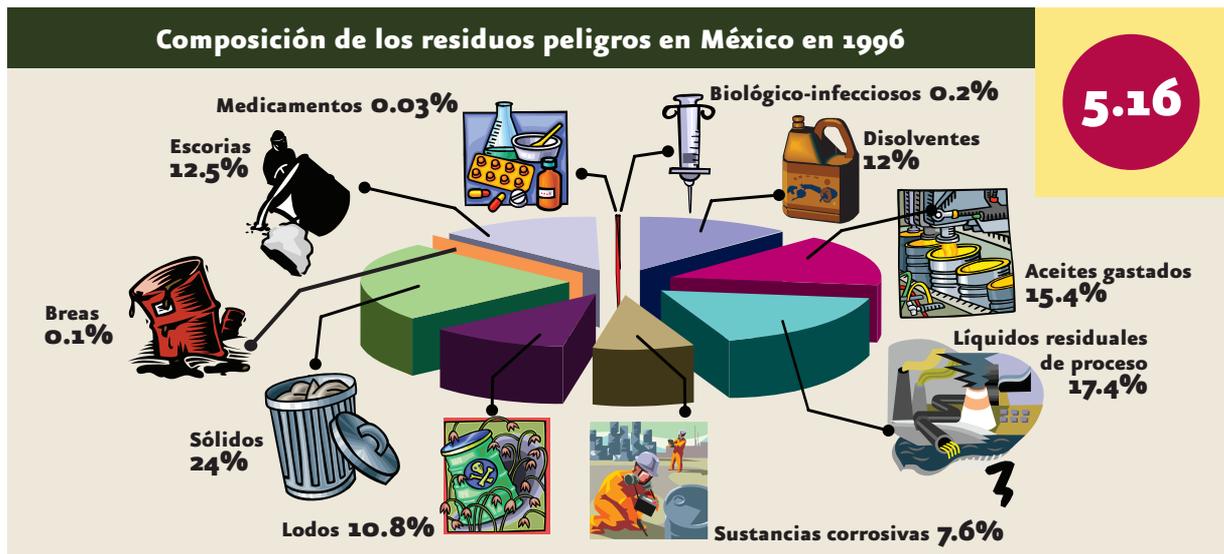
En nuestro país la mayor parte (77%) de los residuos peligrosos son producidos por la industria, seguida de la minería y el petróleo (11%; Figura 5.15).

La mayor parte de los residuos peligrosos son residuos sólidos generados por la industria textil y peletera, así como líquidos residuales de procesos y aceites gastados (Figura 5.16). Si te interesa conocer las características de los residuos peligrosos, así como un listado de ellos, puedes consultar la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/>

A pesar de la importancia del tema, aún no tenemos una buena estimación de la cantidad de residuos peligrosos que se generan en el país. No obstante, para darte una idea te diremos que en el año 2004, las principales industrias generadoras de residuos peligrosos reportaron que produjeron alrededor de 6.17 millones de toneladas. Este



valor es evidentemente menor a lo que realmente se produce en el país, ya que no considera los volúmenes que generan las micro, pequeñas y medianas empresas, las cuales no reportan sus estimaciones de generación. Aún con la cifra de 6.17 millones de toneladas, podrás darte cuenta que es una cantidad enorme que no debería arrojarse al ambiente, y que por tanto requiere de algún tipo de manejo especial.



RECUADRO

Los residuos peligrosos, un riesgo para la salud

Los residuos peligrosos son compuestos dañinos para los seres humanos y el medio ambiente. Pueden transportarse por una gran diversidad de medios en la naturaleza, desde el aire, agua, polvo y sedimentos, hasta animales que pueden ingerirlos. Dependiendo de su peligrosidad, su presencia puede ocasionar daños a los organismos al corto o mediano plazos y en ocasiones la muerte.

Muchos de estos compuestos son carcinogénicos, es decir, que cuando entran en contacto con el organismo pueden inducir el desarrollo de cáncer o aumentar su predisposición a él. Entre ellos están los metales pesados, como el cadmio o el selenio, o los compuestos como el benceno y los bifenilos policlorados, estos últimos resultado de la producción de plastificantes para pinturas, fluidos hidráulicos y aparatos electrónicos.

Algunos otros compuestos, como los radiactivos y algunos plaguicidas –como el DDT y el lindano–, tienen efectos mutagénicos en el organismo, es

decir, modifican la información genética contenida en las células y pueden producir malformaciones en recién nacidos, como el paladar hendido y defectos cardíacos.

Los residuos hospitalarios, denominados también como biológico - infecciosos, también representan un serio riesgo para la salud. Entre ellos están la sangre, los cultivos y cepas de organismos patógenos, los patológicos –tejidos y órganos–, los recipientes o materiales que estuvieron en contacto con la sangre y los objetos punzocortantes. Todos ellos son una fuente potencial de agentes patógenos que producen serias enfermedades como la hepatitis, VIH, tuberculosis y meningitis, entre otras.

Éstos son sólo algunos ejemplos de los efectos que algunos residuos peligrosos pueden producir; sin embargo existen muchas sustancias o agentes patógenos para los que no se han hecho estudios o no se sabe con certeza cuáles son sus efectos en el ser humano o el medio ambiente.

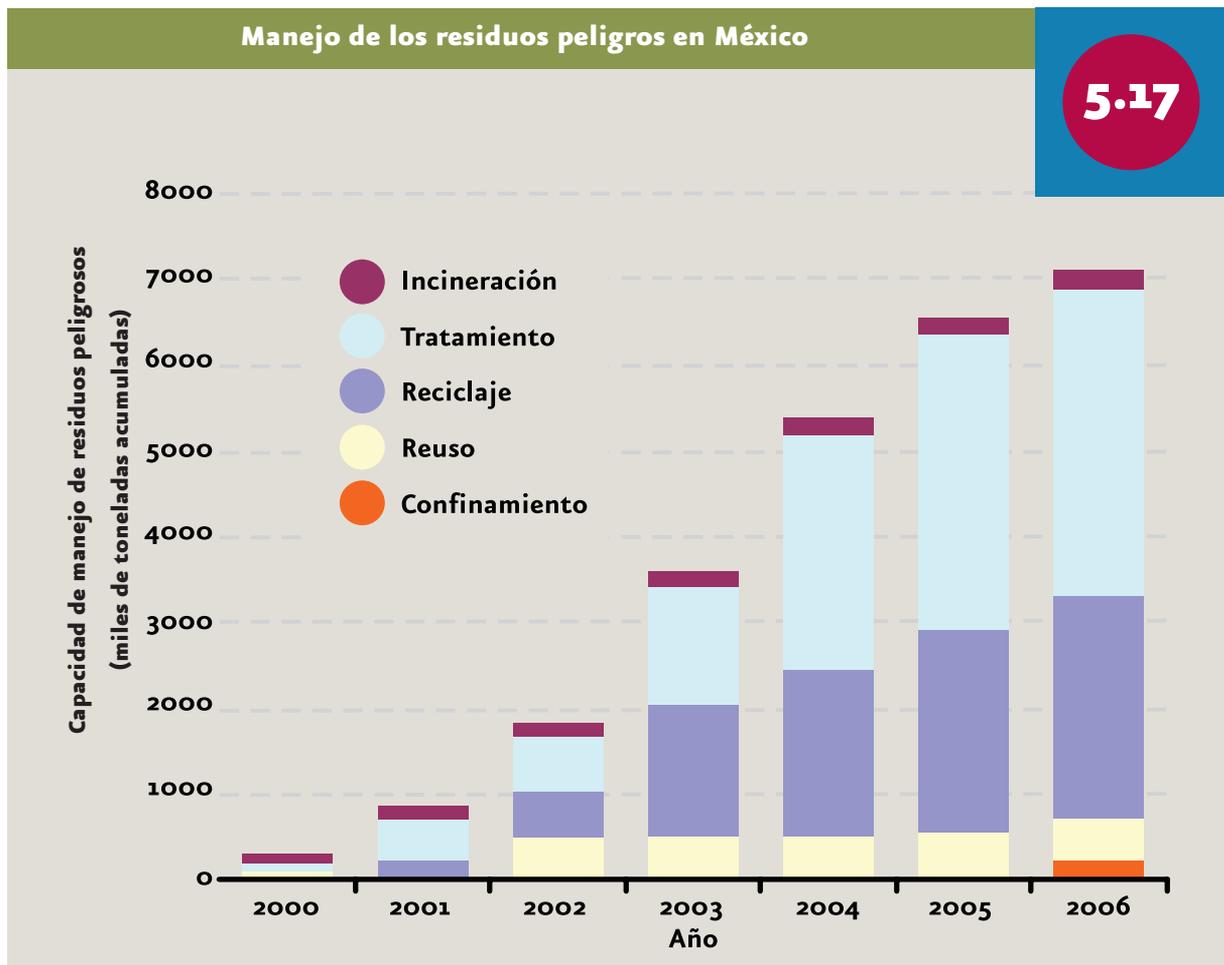


¿Qué hacemos con los residuos peligrosos?

Los residuos peligrosos deben someterse a un manejo que permita reducir su volumen y peligrosidad. El manejo de los residuos peligrosos tiene varios caminos: el reciclaje, la incineración, el reuso, el tratamiento y su confinamiento. El manejo de este tipo de residuos es una herramienta para prevenir la contaminación ambiental, así como los efectos sobre nuestra salud. En México, la capacidad que se ha desarrollado para el manejo de este tipo de residuos ha ido en aumento: en el año 2000 sólo podíamos tratar alrededor de 336

mil toneladas de residuos peligrosos, mientras que en el 2006 alcanzamos una capacidad de manejo de poco más de 7 millones de toneladas (Figura 5.17). Tanto para el tratamiento como para el reciclaje de los residuos peligrosos es donde se tiene actualmente una mayor capacidad instalada.

unque el manejo de los residuos es esencial, también debemos saber que el “mejor residuo” es el que no se produce, es decir, la mejor estrategia es evitar producir residuos intentando, en la medida de lo posible, consumir menos productos que puedan generar o contener residuos peligrosos.



RECUADRO

¡Ponte las pilas con las pilas!

Las pilas y baterías son dispositivos que generan energía eléctrica a partir de componentes químicos. Por su duración, las pilas pueden clasificarse en primarias o desechables y secundarias o recargables. Las pilas primarias son desechables debido a que sus componentes químicos, una vez que se convierten en energía eléctrica, ya no pueden recuperarse. Generalmente, estas pilas son de bajo precio, poca duración, y constituyen una gran parte del volumen de los desechos de este tipo.

Las pilas secundarias son las que se pueden recargar y aunque éstas también contienen sustancias tóxicas, el hecho de que se puedan reusar varias veces antes de desecharlas contribuye a disminuir la generación de desechos. Este tipo de

pilas se encuentran, por ejemplo, en los teléfonos celulares o en las computadoras portátiles. Así mismo las podemos usar en radios, linternas, relojes, cámaras fotográficas y de video, juguetes y reproductores de música, entre otros aparatos. Se calcula que una pila recargable puede sustituir a cerca de 300 pilas desechables.

Las pilas y baterías nos han facilitado la vida, pero también pueden convertirse en un problema. En México, cuando una pila ya no sirve se tira en la basura doméstica o a cielo abierto. Con el paso de tiempo, la envoltura externa puede sufrir corrosión, incrementando el riesgo de que los componentes químicos internos se derramen al suelo, a las aguas superficiales y subterráneas, e incluso, se volatilicen.



Debido a que aproximadamente el 30% del contenido de las pilas son elementos químicos como el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el níquel (Ni), el cadmio (Cd) y el zinc (Zn), existe un potencial riesgo a la salud humana y a los ecosistemas. Por ejemplo, el metil-mercurio puede atravesar la placenta y provocar daños irreversibles en el cerebro de los recién nacidos. En los lactantes, a través de la leche materna contaminada, puede provocar problemas de retraso en el desarrollo, en el andar, mental, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En adultos, puede ocasionar pérdida de visión, memoria y coordinación, cambios de personalidad, sordera y daños pulmonar y renal. La exposición al cadmio puede ocasionar daños severos a pulmones, riñones, hígado, aparato digestivo y próstata. El plomo puede dañar los huesos y las articulaciones y el sistema nervioso central y periférico. El níquel es potencialmente carcinógeno y alergénico.

Como puedes ver, el manejo adecuado de las pilas de desecho es un tema que nos debiera preocupar tanto por sus efectos en el ambiente como en nuestra salud. Por ello, a continuación te presentamos una serie de recomendaciones.

¿Qué hacer con el problema de las pilas y baterías?

- Como consumidor, exige el manejo adecuado de las pilas y baterías que ya no sirven mediante la instalación de centros de confinamiento y reciclaje adecuados.
- Evita consumir pilas en exceso; según un estudio de la *Revista del Consumidor*, casi 42% del consumo de las pilas desechables se destina a juguetes, reproductores de música y controles remoto. Prefiere los aparatos con pilas recargables a partir de energía eléctrica.
- Utiliza alternativas de energía limpias, tales como calculadoras y relojes con celdas solares.
- Cuando vayas a desechar una pila, tapa los polos con una capa de barniz natural o con un trozo de cinta adhesiva, lo que disminuirá el riesgo de contacto entre los polos y de cortos circuitos.
- No tires las pilas desechables en la basura doméstica ni las incineres (esto incrementaría el riesgo de que algunos de los químicos se volatilicen o exploten). Busca en centros comerciales, escuelas o instancias de gobierno, los contenedores especiales para este tipo de desechos. También puedes revisar las páginas electrónicas de los gobiernos estatales y municipales y de organizaciones ambientalistas no-gubernamentales para informarte sobre los sitios de acopio.
- No consumas *pilas pirata*. Debido a que son de menor calidad y durabilidad, se incrementa el número de piezas que requerimos y, por tanto la cantidad de desechos que generamos. Se calcula que en México 5 de cada 10 pilas son piratas.

¿Qué puedo hacer...?

Entre más consumimos, más residuos generamos. ¿Has oído hablar del “consumo responsable”? Se refiere a que debemos consumir sólo aquellos productos o servicios que en verdad necesitamos, prefiriendo aquéllos que tengan un menor impacto en el ambiente. Si tú quieres ser un consumidor responsable, debes estar informado y ser consciente de tus hábitos de consumo. Una actitud responsable al consumir puede reflejarse diariamente en muchos pequeños actos y decisiones a la hora de comprar. A continuación te presentamos algunas recomendaciones.

Para disminuir tu generación de basura:

- Informa y convence a tus padres de comprar productos que no tengan exceso de empaques y preferir aquéllos que contengan o estén empacados con materiales biodegradables, tales como el papel y el cartón.
- Opta por consumir alimentos no procesados y empacados que generan menos residuos.
- Únete a los que practican la estrategia de las “Tres R”: Reduce, Reusa y Recicla. Reduce tu basura a través de un consumo responsable. Reusa cajas, botellas, papel y todo lo que puedas. Recicla plásticos, papeles y cartones.



- Separa tu basura, de esta manera podrás implementar las “Tres R”, ya que no se deteriorarán los residuos que se puedan reusar y reciclar y será más sencillo procesarlos en el lugar donde se reciben.

Con respecto a los residuos peligrosos:

- Aunque en menor medida, cada uno de nosotros también participamos en la generación de residuos peligrosos. Para reducir tu generación:
- Usa pilas recargables. Si tienes pilas no recargables llévalas a centros de acopio donde se encargarán de darles un manejo adecuado. El gobierno del Distrito Federal implementó el programa *Manejo responsable de pilas*, que consiste en que los ciudadanos las depositemos en contenedores que se encuentran en la vía pública, en donde se recogen y se envían a reciclaje o disposición final controlada. Esto evita que se mezclen con la basura.

¿Qué puedo hacer...?

- No arrojes al drenaje los residuos que puedan considerarse como peligrosos. Podrías contribuir a la contaminación de los cuerpos de agua y los mantos acuíferos, y con ello, a daños a tu propia salud y la de los ecosistemas.



Bibliografía



Cecadesu y Semarnat. México limpio. México. Disponible en: <http://www.uaz.edu.mx/semarnat/principal.html>

Environment Canada. Acid rain and the facts. 2006. Disponible en: <http://www.ec.gc.ca/acidrain/acidfact.html>

GDF. *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002*. México. 2005.

Gutiérrez-Avedoy, V. *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. Semarnat-INE. México 2006.

INE y Semarnat. Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global. México. 2007.

INE y Semarnat. *Inventario nacional de emisiones de México, 1999*. México. 2006.

Lacasaña-Navarro, M., C. Aguilar-Garduño e I. Romieu. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres Megaciudades de América Latina. *Salud Pública de México* 41: 203-215. 1999.

Lacy, R. M. y J. A. López y Ortega. *Conciencia ciudadana y contaminación atmosférica: Estado de situación (México)*. CEPAL. Santiago de Chile. 2000.

Páramo, V. H. *Monitoreo atmosférico en la gestión ambiental del aire en la ZMVM*. SMA. GDF. México. 2006.

Ramos-Villegas, R. *Administración de un Sistema de Monitoreo Atmosférico*. SIMAT. SMA. GDF. México. 2006.

Romieu, I. y V.H. Borja-Aburto. Contaminación atmosférica por partículas y mortalidad diaria: ¿Se pueden generalizar los resultados a los países de Latinoamérica? *Salud Pública de México* 39: 403-411. 1997.

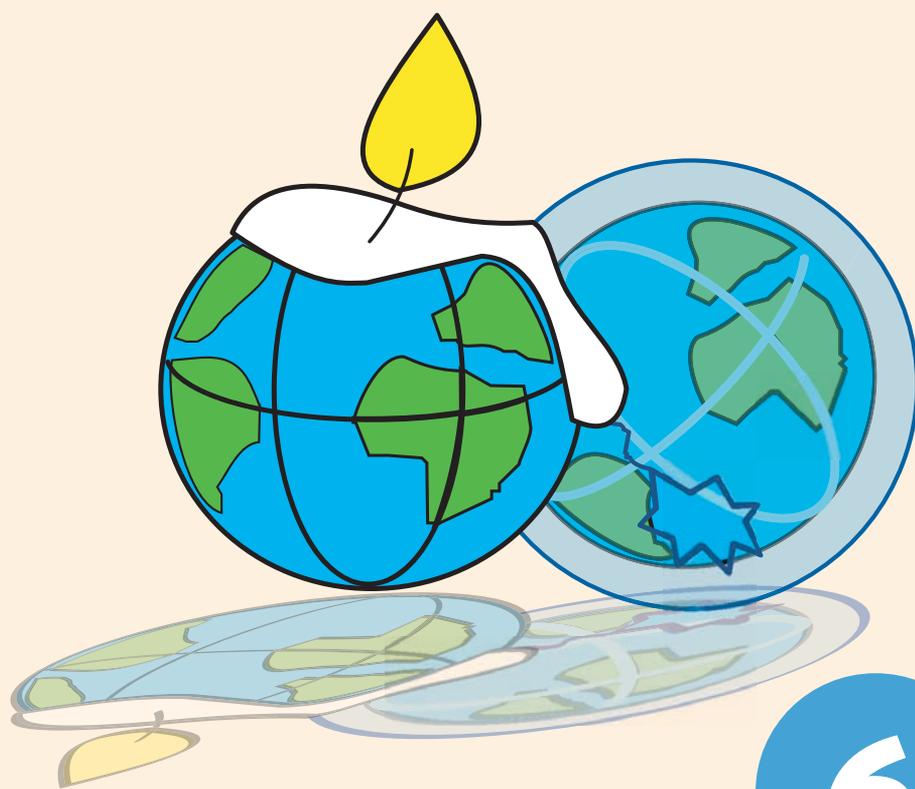
Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal. Imeca. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnimeca.htm>

Sedesol. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. México. 2007.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales 2005. México. 2005. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>

Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. México. 2006.

Cambio climático y ozono



6

Cambio climático

Como vimos en el capítulo anterior las actividades humanas generan residuos que se liberan al ambiente. Entre ellos, están los que van a la atmósfera y deterioran la calidad del aire que respiramos, pero también existen otros que son responsables de problemas como el cambio climático y el adelgazamiento de la capa de ozono. A continuación te presentamos en que consisten estos dos fenómenos.

¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático hasta hace pocos años era un problema que sólo llamaba la atención de los científicos. No obstante, en la actualidad, es muy común que encontremos en periódicos, revistas y medios electrónicos, noticias o comentarios que mencionan que los glaciares están disminuyendo su extensión, los huracanes son cada vez más intensos, que las temporadas de lluvias son cada vez más irregulares, y que los veranos son cada vez más calientes, atribuyéndole la responsabilidad de estos hechos al llamado cambio climático global.



Con todas esas noticias circulando, seguramente te preguntarás ¿Qué es el cambio climático? Los expertos lo han definido como todo cambio en el clima a través del tiempo resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas. Estos cambios pueden presentarse tanto en la intensidad y distribución de las lluvias a lo largo del año como en la temperatura tanto en tierra firme como en el mar, entre otros.

Efecto invernadero

Para poder comprender cómo ocurre y qué causa el cambio climático es necesario entender otro fenómeno conocido como “efecto invernadero”, el cual es parcialmente responsable de la temperatura actual de la Tierra –el otro gran factor es el Sol y nuestra distancia a él-.

Si has tenido la oportunidad de visitar un invernadero, te habrás dado cuenta que dentro de él la temperatura es más alta que en el exterior. Esto se debe principalmente a que los vidrios de su estructura dejan pasar la energía que proviene de la radiación del sol pero no la dejan escapar fácilmente. Se produce entonces un efecto de calentamiento que permite temperaturas relativamente mayores a las que se observarían fuera de él. En el caso de la Tierra, el efecto de los vidrios lo realiza la atmósfera, que deja pasar gran cantidad de la energía solar que llega y la absorbe, mientras que otra se vuelve a emitir de regreso al espacio por la tierra firme, los mares y los océanos (Figura 6.1).

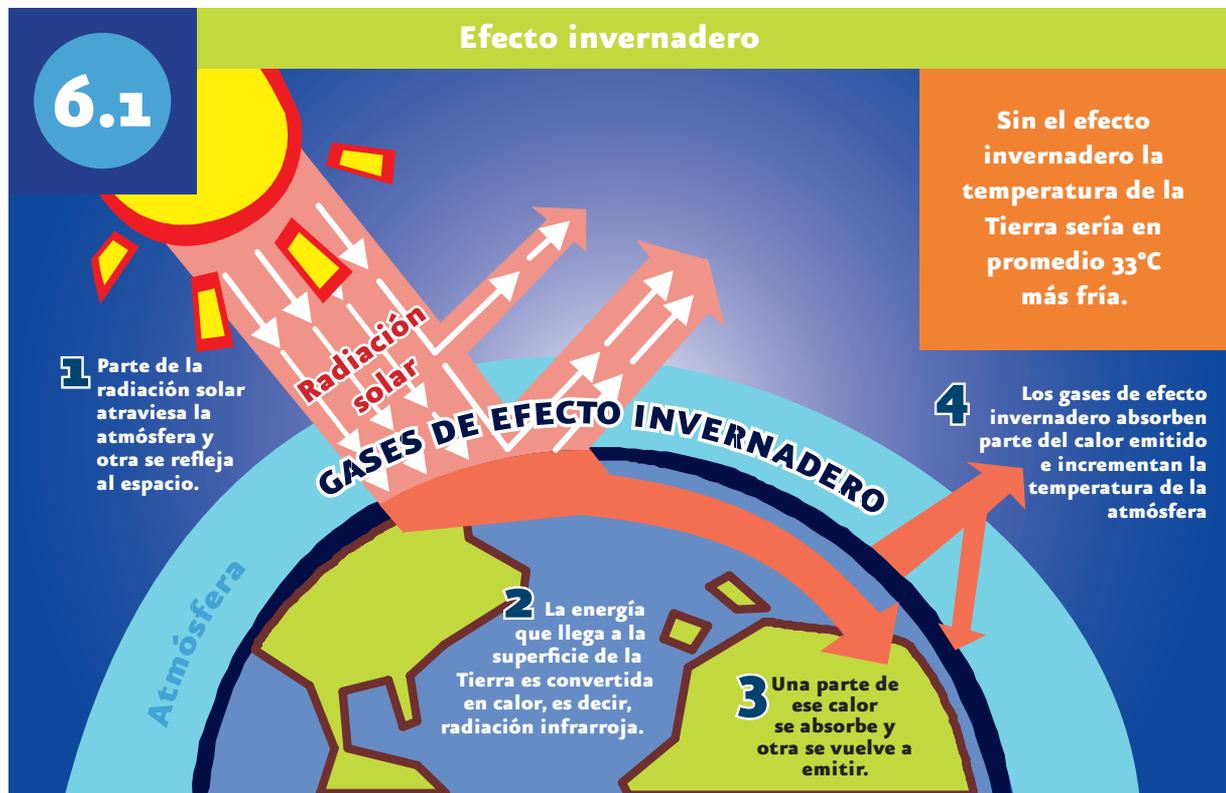
De entre los gases que componen la atmósfera –nitrógeno y oxígeno principalmente- los que tienen mayor impacto en la temperatura son los llamados gases de efecto invernadero, conocidos como GEI; que son el bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozono (O_3), e incluso el vapor de agua. Estos gases dejan pasar la radiación solar casi sin obstáculo, pero

absorben y re-emiten la radiación infrarroja —es decir, el calor— que emiten la superficie de la Tierra, los mares y los océanos. Como resultado final, la superficie del planeta se calienta, debido a este “efecto invernadero”. Sin este fenómeno la temperatura de la Tierra sería en promedio 33°C más fría y muy probablemente la vida no se hubiese desarrollado o sería muy distinta a como la conocemos hoy día.

Con esto podemos entender por qué un incremento de la concentración de los GEI puede alterar el flujo natural de energía, ya que a mayor cantidad de GEI presentes en la atmósfera, mayor es la cantidad de calor que se absorbe y la superficie del planeta alcanza una mayor temperatura.

¿Cómo contribuye México a las emisiones globales de gases de efecto invernadero?

Cuando escuchamos hablar de problemas ambientales, frecuentemente pensamos que son problemas que otros generan y, por lo tanto, que no está en nuestras manos la solución. Al parecer esto también ocurre con la emisión de los gases de efecto invernadero responsables del cambio climático. Es común que no asociemos las emisiones de gases de efecto invernadero con nuestras actividades diarias o los procesos que ocurren a nuestro alrededor. La generación de electricidad, el consumo de combustibles fósiles como la gasolina y el diesel, la producción del cemento para la construcción de nuestras casas y lugares de trabajo, así como la producción de los alimentos que consumimos y de otros tantos bienes y servicios que necesitamos día a día generan una gran cantidad de gases de efecto invernadero. Esto quiere decir que también somos parte del problema.

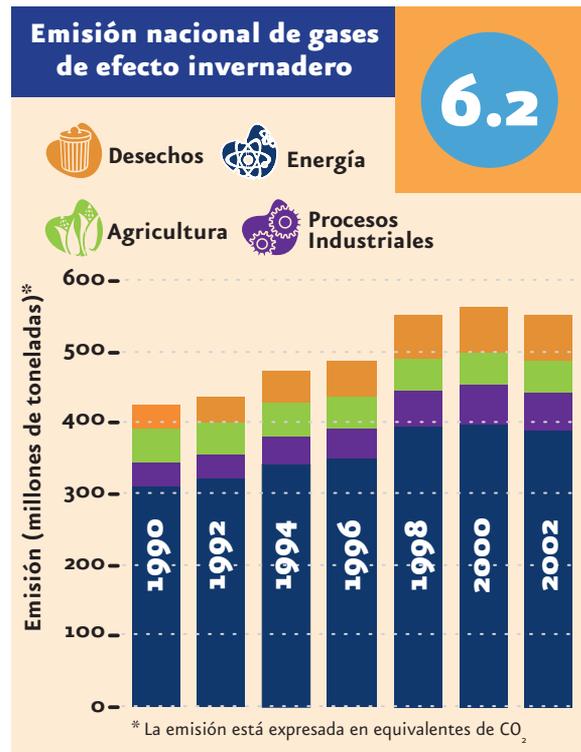


Sin duda, el bióxido de carbono (CO_2) es el GEI más importante. Es el gas que se emite en mayor cantidad, posee una larga vida en la atmósfera (entre 5 y 200 años) y su concentración se ha incrementado notablemente en las últimas décadas.

En México, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, se emitieron poco más de 553 millones de toneladas de GEI en el año 2002 (Figura 6.2). Para tener una idea de lo que significa esa cantidad, el peso de los GEI emitidos equivale a unas 5 mil 500 veces el concreto empleado en la construcción del Estadio Azteca. El panorama resulta más preocupante si le agregamos que nuestras emisiones se han incrementado en los últimos años; la emisión del 2002 fue 30% mayor que la estimada para 1990.

Veamos ahora cuáles son las principales actividades que en México emiten como residuos los gases de efecto invernadero. El sector relacionado con la energía, que comprende principalmente el consumo de combustibles fósiles -que empleamos en nuestros autos y otros transportes- y la generación de energía eléctrica, es el principal emisor de GEI, con alrededor de 70% de las emisiones.

Otros procesos industriales, como la producción del cemento, vidrio, acero, papel, alimentos y bebidas, entre otros, emiten también una cantidad importante de GEI a la atmósfera. Su contribución a las emisiones totales del país representó en el año 2002 alrededor de 9%. Por su parte, las actividades agropecuarias de las que obtenemos los granos, frutas y carnes generan dos gases: el metano (CH_4 , que suma más de 8% de las emisiones de estas actividades) y el óxido nitroso (N_2O). Estos gases se derivan de la fermentación en el sistema digestivo del ganado, o directamente del estiércol y su manejo, así como de cultivos y del suelo, ya que los microorganismos presentes en él

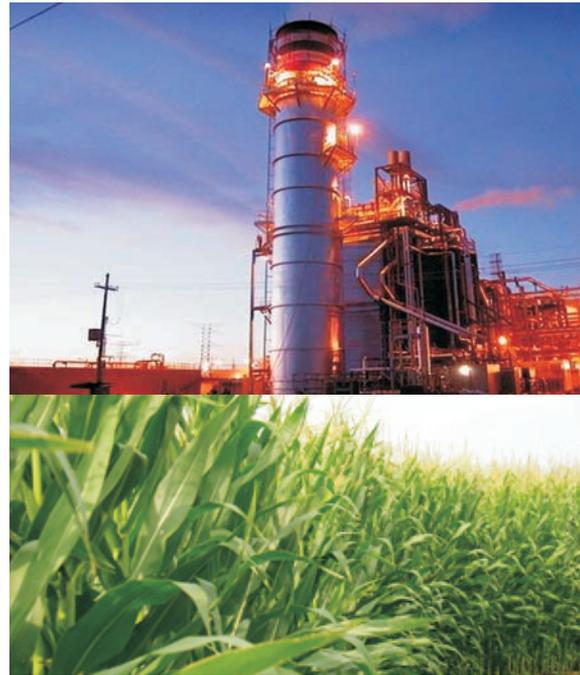


propician la liberación de N_2O a la atmósfera. Por último, los desechos que generamos en nuestras casas e industrias también emiten GEI (alrededor de 12% del total de GEI emitidos): las aguas residuales municipales e industriales emiten CH_4 y N_2O ; cuando se incineran residuos peligrosos (que comprenden materiales corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico-infecciosos) también se emiten CO_2 y N_2O . El manejo de los residuos y el tratamiento de las aguas residuales tienen indudables beneficios, sin embargo, generan productos secundarios entre los que están los GEI. Las emisiones de GEI por desechos aumentaron 96% entre 1990 y 2002, como consecuencia del incremento en la disposición de residuos sólidos y del tratamiento de aguas residuales industriales y municipales.

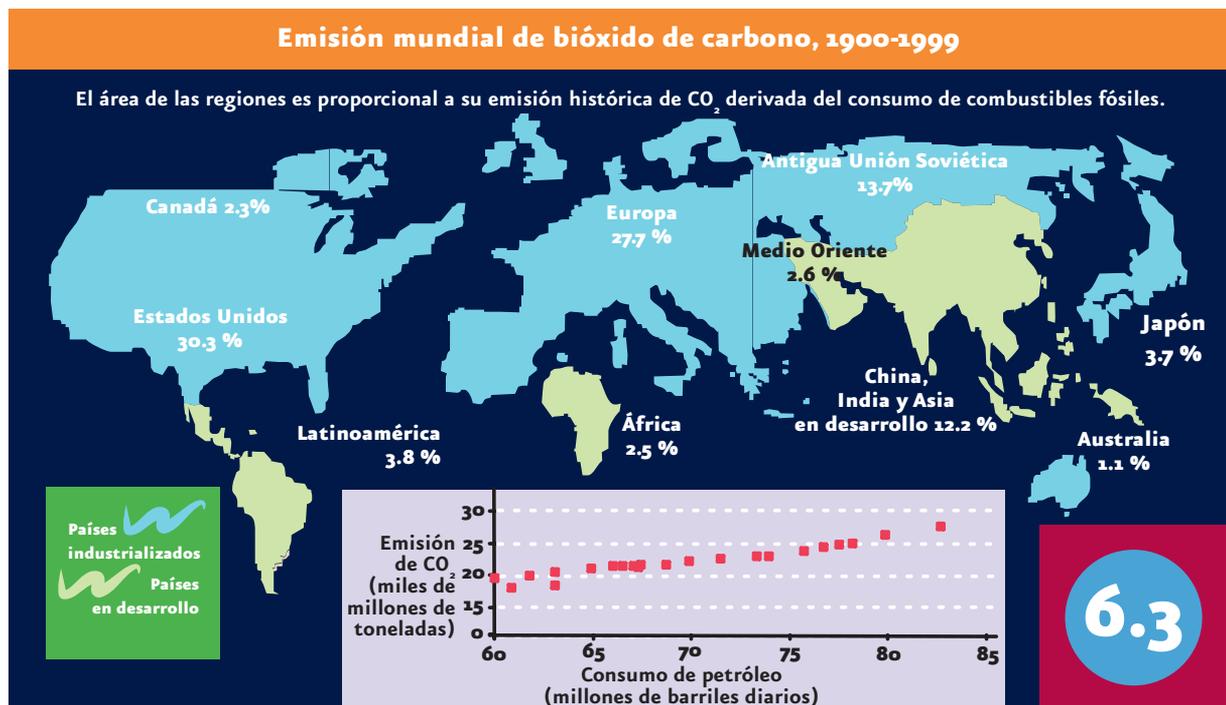
Todos los ecosistemas terrestres -como los bosques y selvas- participan en el flujo de carbono, ya sea liberando una parte o capturando otra. La captura de CO_2 se da cuando la vegetación absorbe este gas,

durante la fotosíntesis, almacenando el carbono en su biomasa, por lo que el ecosistema se convierte en un “sumidero” de carbón; sin embargo, cuando la vegetación es removida y quemada para convertir el terreno en potreros o campos de cultivo, la vegetación presente –constituida muchas veces por árboles y arbustos- se elimina por medio del fuego, con lo que una gran parte del carbono almacenado es convertido rápidamente en CO₂ y liberado nuevamente a la atmósfera y es entonces cuando un bosque se convierte en una fuente de CO₂. Debido a que a nivel mundial la deforestación ha crecido de manera importante, los ecosistemas terrestres representan una fuente significativa de las emisiones de este gas. Aunque las cifras aún se encuentran en revisión, el último inventario en México indica que estas fuentes emisoras de GEI –conocidas en conjunto como cambio de uso de suelo y silvicultura- aportan alrededor de 14% de las emisiones nacionales de GEI.

A nivel mundial, la emisión de CO₂ se ha incrementado de forma directa con el consumo de combustibles fósiles (Figura 6.3). Tan sólo en el



año 2004 se emitieron alrededor de 27 mil millones de toneladas de CO₂. Si observas la figura notarás que aunque todos los países somos responsables de la emisión de GEI, algunos países o regiones emiten una mayor cantidad de GEI.



Por ejemplo, en el periodo 1990-1999, poco más de 80% de las emisiones mundiales de CO₂ fueron generadas tan sólo por: Estados Unidos, quien emitió 30.3% del total; Europa generó 27.7%; la entonces Unión Soviética 13.7% y la región que comprende a los países de Asia en desarrollo, China e India 12.2%. América del Sur y Centroamérica –la región a la que pertenece México-, contribuyeron con apenas 3.8% del total mundial.

A través de mucho tiempo, y más intensamente a partir de la Revolución Industrial del siglo XVIII, las actividades humanas han emitido una gran cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera; ahora se dice que estos gases provocan que la temperatura de la superficie terrestre y marina se incremente, pero ¿hay evidencias de que las cada vez mayores concentraciones de GEI en la atmósfera estén generando cambios en el clima? En la siguiente sección te mostraremos dichas evidencias.

¿Existe evidencia del cambio climático?

Aunque aún hoy día el cambio climático global es tema de acaloradas discusiones, un grupo importante de científicos de diferentes países, así como el grupo internacional que se ha dedicado desde hace varios años a estudiar este fenómeno –el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático: IPCC, por sus siglas en inglés- plantean que existen claras evidencias de que el calentamiento que el planeta ha registrado en los últimos 50 años puede ser atribuido a los efectos de las actividades humanas.

Seguramente te preguntarás ¿por qué si las actividades humanas datan de varios miles de años atrás no se había generado antes el calentamiento? Esto se debe a que no fue sino

hasta el inicio de la era industrial que la emisión de GEI se incrementó de manera significativa. En la Figura 6.4 notarás que la concentración atmosférica de bióxido de carbono (CO₂) –que como ya lo hemos anotado es el más importante de los GEI- presenta un incremento constante en el tiempo. De hecho, en la época pre-industrial (1000-1750), cuando la población y el consumo de combustibles eran mucho menores –aún no se había inventado la máquina de vapor-, la concentración de CO₂ era 35% menor a la actual. La concentración promedio de CO₂ en la época pre-industrial fue de 280 partes por millón, mientras que en 2004 alcanzó las 377 partes por millón.

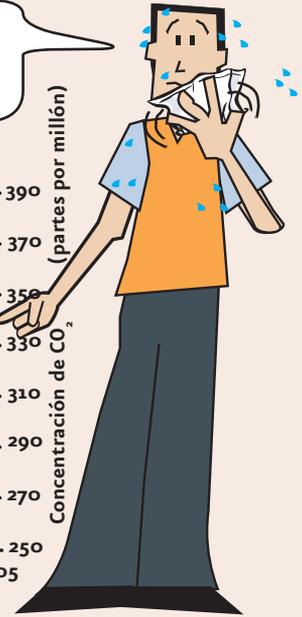
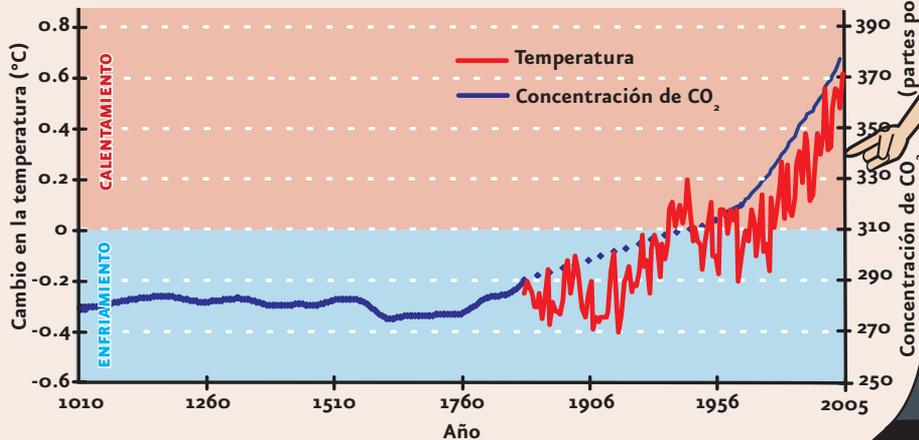
El cambio más importante en el clima que los científicos han registrado y asociado al incremento de CO₂ en la atmósfera es el ascenso de la temperatura, tanto de la superficie terrestre como de la marina. Por ejemplo, si consideramos el promedio de temperatura del periodo 1951-1980 se observa que la temperatura global en los últimos diez años fue en promedio 0.46°C superior (Figura 6.4). En la misma figura también podrás ver como el ascenso de la temperatura se acompaña por el aumento en la cantidad de CO₂ en la atmósfera.

De acuerdo con el IPCC, once de los últimos doce años (1995-2006) se encuentran entre los doce años más calientes desde 1850 y el incremento de temperatura en el periodo 1906-2005 fue de 0.74°C. La NASA informó que, los cinco años más calurosos desde 1890, en magnitud descendente, han sido 2005, 1998, 2002, 2003 y 2004. Esto quiere decir que en más de cien años, los años más calientes los hemos vivido nosotros.

El año 2005 fue el más caluroso de los últimos 100 años.

6.4

La concentración de CO_2 y la temperatura del planeta han aumentado.



¿Qué consecuencias enfrentamos por el cambio climático?

Los cambios en el clima originan a su vez cambios sobre los ecosistemas. Por ejemplo, muchas plantas pueden reproducirse y crecer con éxito únicamente dentro de un rango específico de temperaturas y responder a determinadas cantidades de lluvia. Los animales también necesitan determinadas gamas de temperatura y precipitación y también dependen de la supervivencia de las especies de las que se alimentan.

Como se mencionó desde el primer capítulo, todos los elementos del ambiente tienen complejas interacciones entre sí: alterar uno de ellos conlleva a cambios en los restantes elementos, algunas veces imperceptibles y otras muy evidentes. A lo largo de la historia de la Tierra han habido cambios en el clima que han ocasionado incluso la

extinción de especies y la aclimatación de otras. Sin embargo, cuando el cambio en el clima no ocurre gradualmente y es acelerado -por ejemplo, como el ocasionado por las actividades humanas- es posible que se magnifiquen, aceleren o generen nuevos impactos. De acuerdo con los registros que tenemos actualmente, ningún cambio ha sido tan rápido como el que estamos viviendo ahora y que es atribuible a causas humanas.

Cada año se presenten huracanes más intensos y en mayor número y que los glaciares se estén derritiendo, puede estar relacionado con el cambio climático y en particular con el calentamiento de los océanos. También se ha sugerido la posibilidad de impactos sobre diversas especies de animales y plantas, con la posible reducción o pérdida de poblaciones y ecosistemas. A continuación te presentaremos algunos ejemplos.

Eventos extremos y alteraciones climáticas

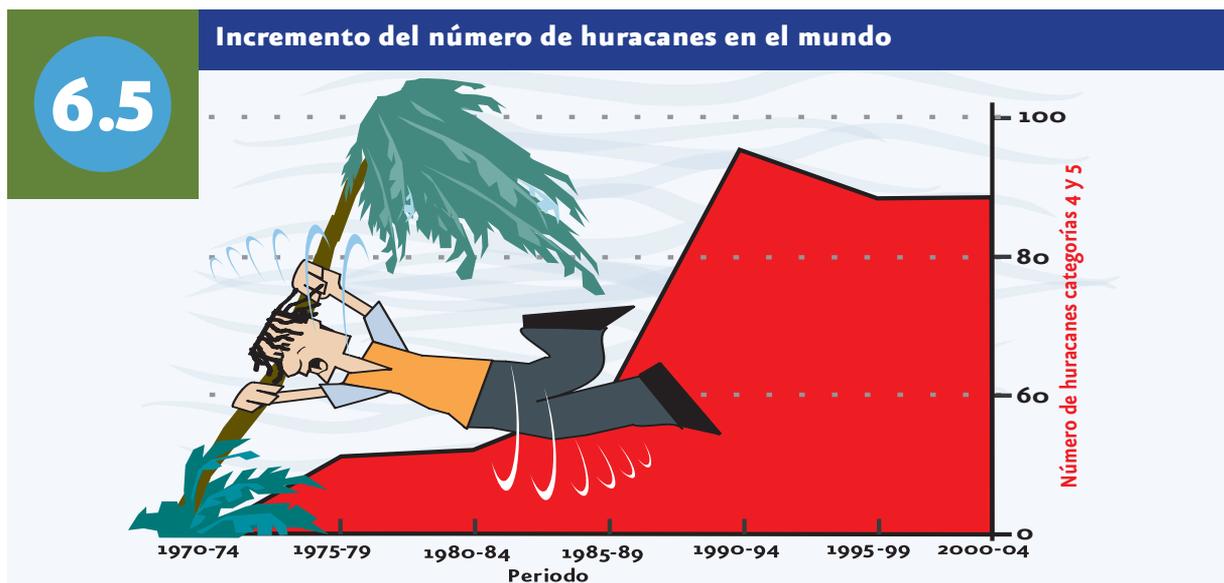
Aunque ha sido difícil probar una relación directa, existen eventos o “evidencias” que, como piezas de un rompecabezas, se van acomodando para ayudarnos a explicar e interpretar la relación que existe entre los cambios en el clima y sus efectos en el ambiente. Así, mientras en África se intensifican las sequías, en otras partes del mundo hay reportes de lluvias y huracanes más intensos. Durante los últimos años se han presentado huracanes que han ocasionado pérdidas humanas y materiales considerables (por ejemplo, Emily en Yucatán, Katrina en el sureste de Estados Unidos y Stan y Wilma en el sureste de México), además de afectaciones importantes a los ecosistemas naturales. Un estudio reciente muestra que en los últimos años se han registrado cada vez un mayor número de huracanes intensos, es decir, los de las categorías 4 y 5 de la escala Saffir-Simpson, los cuales se caracterizan por vientos superiores a 250 kilómetros por hora y pueden destruir tejados, inundar las plantas bajas de los edificios cercanos a la costa e incluso pueden ocasionar que la población sea evacuada (Figura 6.5).

En lo que se refiere a las lluvias en el país, en las últimas décadas se aprecia una tendencia a una mayor precipitación, principalmente en los estados del norte, mientras que en los estados en los que las lluvias dependen de lo que ocurre en el Pacífico, por ejemplo Jalisco y Oaxaca, la tendencia parece ser en el sentido opuesto (Figura 6.6).

Efectos en agricultura y pesquerías

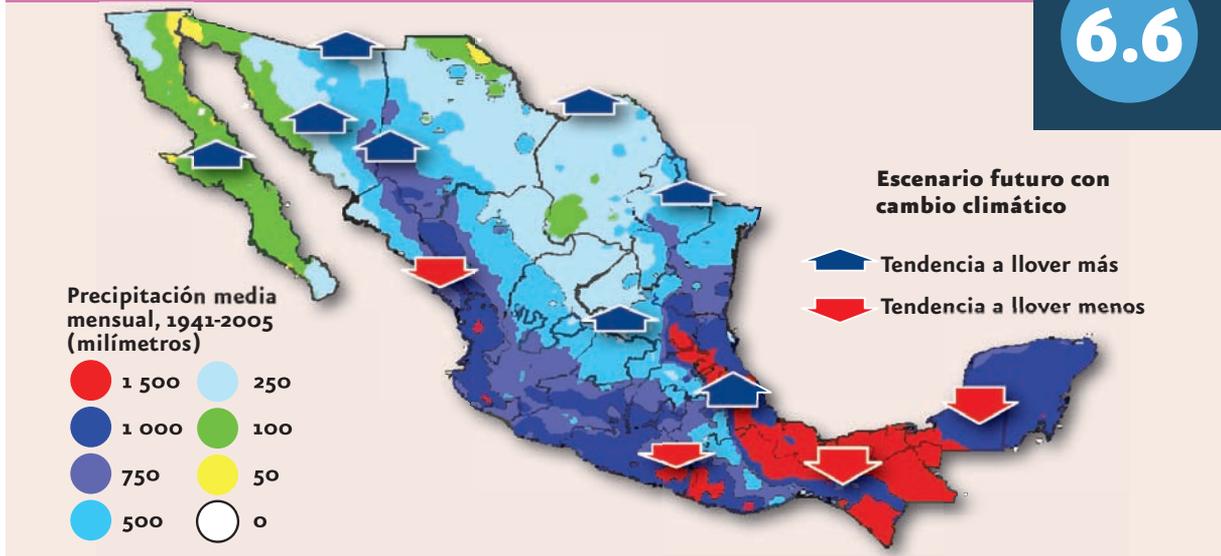
Es probable que recuerdes que en 1998 padecimos por largos meses de un calor abrumante. En ese año, que fue uno de los más cálidos del siglo, tanto en México como en otras regiones del planeta disminuyeron las lluvias, lo que provocó una grave sequía. En el país se perdieron más de tres millones de toneladas de maíz, además de la reducción de la producción de erizo, langosta, abulón y camarón. Podrás imaginar las consecuencias económicas y sociales que tales pérdidas produjeron en las comunidades que dependían directa e indirectamente de todos esos productos.

También en 1998, como consecuencia de la sequía, se produjeron incendios en aproximadamente 400 mil hectáreas, muchas de ellas correspondientes a ecosistemas naturales, de los cuales cerca de 21% fueron bosques.



¿Cuánto ha llovido en algunas regiones de México?

6.6



Deshielos y cambios del nivel del mar

Como consecuencia del calentamiento, también se han observado cambios en regiones tan distantes como los polos. En poco menos de 30 años, se ha observado la desaparición acelerada de la capa de hielo del Ártico —cerca de 20% de su superficie, es decir, una pérdida que equivaldría a la mitad del territorio mexicano—. En el otro polo, en el continente Antártico, en el año 2002 la plataforma Larsen B se fracturó, con lo que se desprendió y deshizo una superficie de hielo de 3 240 kilómetros cuadrados (Figura 6.7).

Estos deshielos no sólo han afectado al Ártico y la Antártica, sino también a las zonas frías y con hielos perpetuos que se hallan en las zonas altas de montañas y volcanes. Por ejemplo, los glaciares de los Alpes suizos perdieron un tercio de su superficie y al menos la mitad de su masa en el periodo 1850-1980. Durante el verano del año 2003 se perdió 10% de la masa del glaciar permanente. Los científicos han calculado que, para el año 2050, 75% de los glaciares de los Alpes podría desaparecer. En México también existen glaciares y se encuentran en las zonas altas del Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Pico de Orizaba, principalmente. Aunque las reducciones en su cobertura no han sido tan grandes, sí son muy importantes; por ejemplo, los glaciares del

Iztaccíhuatl sufrieron reducciones de hasta 40% entre 1960 y 1983. En el Pico de Orizaba y el Popocatepetl, la tendencia ha sido similar, pero en éste último la reducción ha sido acelerada aún más por la actividad volcánica que ha registrado en los últimos años. Los expertos han estimado que si se mantienen las tasas actuales de reducción de los glaciares mexicanos, es posible que desaparezcan por completo en menos de 30 años.

Como resultado del deshielo de los casquetes polares y de los glaciares que desembocan en el mar, así como a la expansión térmica de los océanos —el agua se expande al calentarse— el nivel del mar se ha elevado. Durante el siglo XX se elevó a una velocidad media de 1 a 2 milímetros por año, lo que equivale a una elevación total de 10 a 20 centímetros en el siglo. Tal vez este incremento podría parecer mínimo, pero no es así, de hecho resulta preocupante para muchos países en el mundo, ya que existen numerosas ciudades ubicadas en zonas costeras bajas e incluso muchas por debajo del nivel del mar, como es el caso de Ámsterdam, en Holanda, cuya altitud es de 4 metros por debajo del nivel del mar. Ello implica que muchos millones de personas estarían susceptibles en el futuro próximo de sufrir las consecuencias de inundaciones por la invasión del mar.

Deshielos: Alpes suizos, Península Antártica y Ártico

6.7

Antes

Después

1991



2001



Los glaciares de los Alpes suizos perdieron un tercio de la superficie y al menos la mitad de su masa.

Enero
de 2002



Marzo
de 2002



Colapso de 3 240 km² de la Plataforma Larsen B en la Península Antártica.

1979

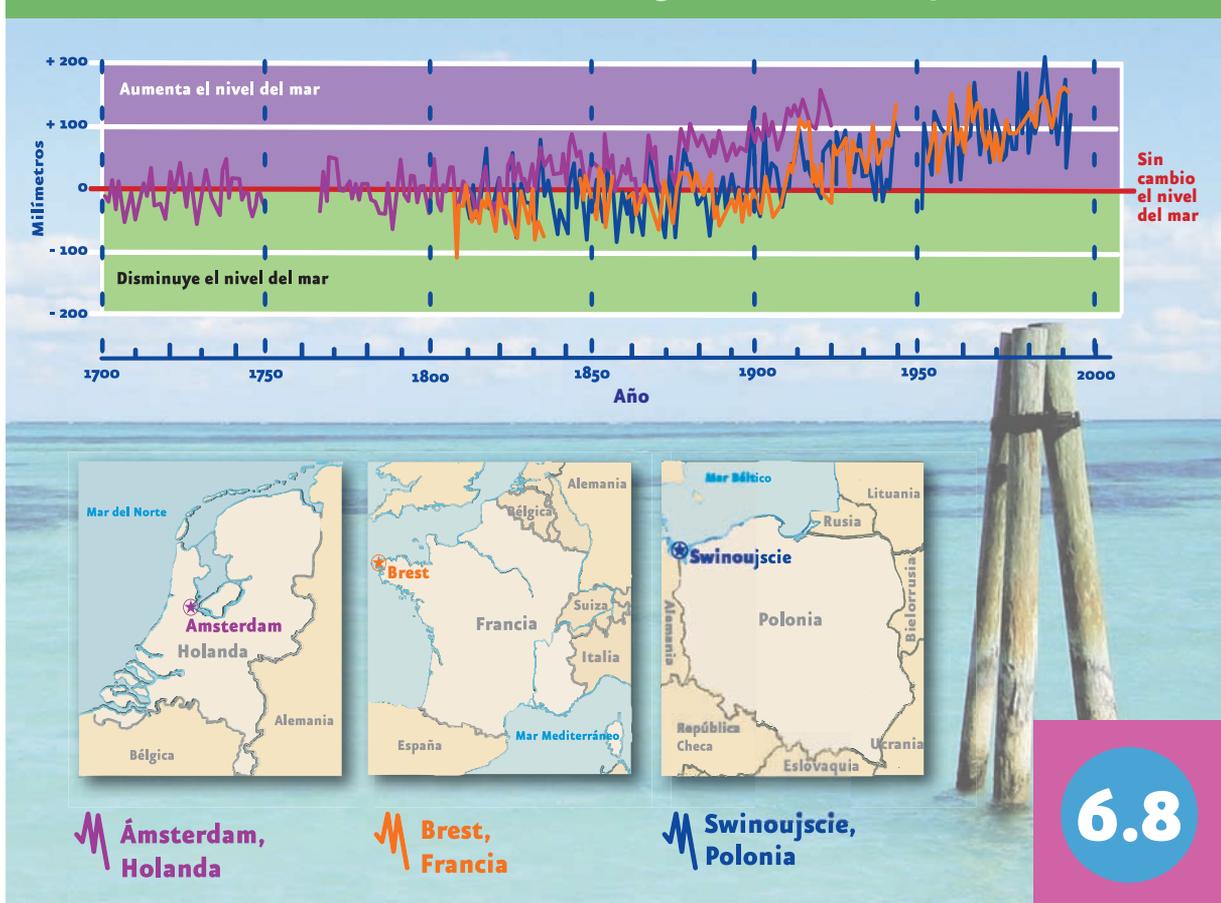


2003



Reducción del hielo en el casquete polar Ártico.

Elevación del nivel del mar en algunas ciudades europeas



Los registros actuales del cambio en el nivel del mar en algunos sitios del planeta –doscientos años de registros en Ámsterdam (Holanda), Brest (Francia) y Swinoujscie (Polonia) – confirman la elevación acelerada del nivel del mar durante el siglo XX (Figura 6.8). Un ejemplo extremo de los efectos de la elevación del nivel del mar lo puedes ver en el recuadro *Tuvalu: un país que desaparece*.

Efectos sobre la biodiversidad

Sabemos que el cambio climático tiene efectos adversos sobre muchas especies de plantas y animales, ya que los cambios en el clima pueden obligar a las especies a desplazarse hacia sitios en los que encuentren condiciones que les permitan sobrevivir. Sin embargo, existen especies que no podrán migrar, ya sea por limitaciones de

movimiento, fisiológicas o conductuales y con ello podrían desaparecer. Por ejemplo, científicos austriacos encontraron que algunas especies de plantas de zonas alpinas se han desplazado –hasta cuatro metros por década– de sus zonas originales hacia sitios más altos en las montañas o volcanes que habitan. Esto se explica en virtud del incremento de temperatura, ya que las partes bajas de las montañas y volcanes han aumentado su temperatura, y las especies alpinas –que dependen para sobrevivir de bajas temperaturas presentes en las partes altas– han migrado hacia altitudes cada vez mayores para encontrar los hábitat adecuados para sobrevivir. Esto puede conducir en muchos casos a una reducción de sus áreas de distribución poniendo a muchas de ellas, en un inminente peligro de extinción.

RECUADRO

Tuvalu: un país que desaparece

¿Te imaginas un país preparándose para desaparecer? Aunque parezca imposible, esto ya ocurre en Tuvalu. Esta nación, localizada en el Pacífico entre Australia y Hawaii está formada por pequeñas islas. Debido al aumento del nivel del mar los habitantes de Tuvalu han experimentado la inundación de las áreas bajas. La máxima altitud en esta nación es de tan sólo cinco metros. Hace algunos años, las olas barrieron la superficie de Tepuka Savilivili, una pequeña isla situada en las inmediaciones del atolón de Funafuti, lo que provocó la destrucción de toda su vegetación. Este no es su único problema, la intrusión del agua salada del mar en su territorio ha afectado los mantos acuíferos y con ello su reservorio de agua potable.

También la producción de alimentos ha sido afectada. Los isleños consumen un tubérculo llamado pulaka, pero los suelos y sus plantaciones han padecido las consecuencias por las infiltraciones de agua salada. En los últimos años, tres cuartas partes de la cosecha se han perdido, lo que ha obligado a los isleños a depender de los alimentos importados.

En los últimos años se ha planteado la necesidad de evacuar a los habitantes hacia otros países, ya que el aumento del nivel del mar significa un riesgo importante para la vida y la salud de los habitantes, pues la mayoría de las casas, infraestructura y actividades comerciales se encuentran a lo largo de la costa. Desde el año 2002, Nueva Zelanda acoge a 75 personas anualmente. Sin embargo, esto es insuficiente, ya que la población es de alrededor de 11 mil

personas y para ser aceptados como refugiados deben cumplir con ciertos requisitos, como hablar un mínimo de inglés, tener menos de 45 años y contar con un ofrecimiento de empleo en Nueva Zelanda. Actualmente, se está gestionando una evacuación -o mejor dicho una migración- hacia otros países, ya que no podrán volver al suyo.

Ante esta situación, los habitantes de Tuvalu se preguntan si serán alguna vez compensados por la pérdida de su país. Este caso nos hace pensar en la “deuda ecológica” que los problemas ambientales generan. Es por ello la relevancia de que los países tomen medidas serias para disminuir su emisión de gases de efecto invernadero. No sólo Tuvalu sufre las consecuencias del aumento del nivel del mar: se prevé que las naciones isleñas de baja altitud en el Pacífico se inunden y que sus acuíferos sean invadidos por el agua salada. Otras naciones isleñas amenazadas incluyen a las Islas Cook y las Islas Marshall. Durante la última década, la isla Majuro (parte de las Islas Marshall) ha perdido hasta 20% de su zona de playa.





Pingüinos Adelia, Antártica

Los cambios en la temperatura también tienen efectos sobre las estrategias de alimentación de algunas especies que dependen de plataformas de hielo para cazar a sus presas. Por ejemplo, una población de pingüinos Adelia en Antártica pasó, entre 1990 y el año 2004, de una población de 320 parejas con crías a tan sólo 54 en un sitio donde la temperatura promedio se ha incrementado en casi 5.5°C en cincuenta años. La reducción tan drástica en el número de parejas parece que se ha debido al deshielo de la zona helada donde se alimentaba esta especie. Los osos polares de la bahía de Hudson, en los límites australes de

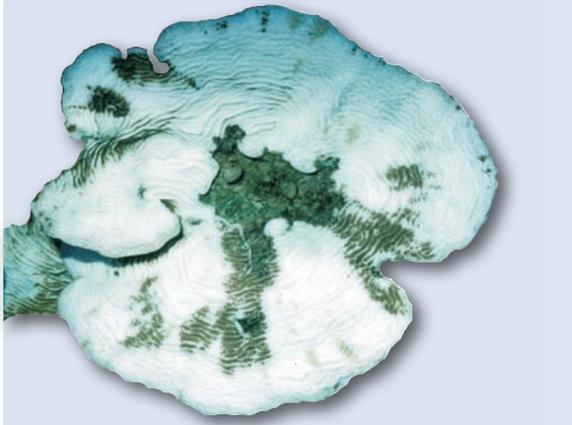
América del Norte, no cubren por completo sus necesidades nutricionales, ya que el periodo en el que cazan focas anualmente se ha reducido. Lo anterior debido a que las plataformas de hielo desde las que cazan se fracturan al menos tres semanas antes de lo que habitualmente ocurría.

También los arrecifes de coral han sufrido los efectos del calentamiento global por el llamado “blanqueamiento del coral” (Figura 6.9). Para entender a qué se refiere el blanqueamiento o decoloración debemos saber que un coral puede estar formado por uno o muchos diminutos

Oso polar, Bahía de Hudson, Canadá



En 1998, 16% de los arrecifes coralinos del mundo se decoloró o murió como consecuencia del incremento de temperatura.



pólipos –esos circulitos que cubren su superficie a través de los cuales se alimentan. Dentro de estos pólipos los corales dan abrigo a ciertas algas microscópicas unicelulares, de las cuales obtienen nutrientes y a las cuales ofrecen protección y desechos que ellas utilizan como alimento –es decir, viven en una relación mutualista en la que ambas especies se benefician-.

Blanqueamiento de una colonia de coral *Palythoa*



Ahora bien, cuando la temperatura del mar aumenta, se contamina el agua del mar o se depositan sedimentos sobre los corales, las algas se desprenden de los pólipos, lo que lleva a la pérdida de su coloración y permite observar por debajo del tejido su esqueleto blanco –construido de carbonato de calcio-. De ahí el término que se usa para designar este fenómeno. El blanqueamiento puede ser revertido y los corales pueden recuperar su estado de salud cuando el incremento de la temperatura marina ha sido ligero y si otras algas entran en asociación con el coral, pero si transcurren periodos extensos de contacto con altas temperaturas –incrementos mayores o iguales a 3°C-, contaminantes o sedimentos, los corales mueren.

La pérdida de los arrecifes de coral no sólo es importante por su atractivo turístico que atrae anualmente a miles de visitantes en todo el mundo, sino porque alrededor de ellos se consolidan ecosistemas extraordinariamente diversos, rivalizando tan sólo con las selvas húmedas en tierra firme.

El año de 1998 fue muy adverso para los arrecifes de coral en todo el mundo, incluidos los de México. Alrededor de 16% de los arrecifes de coral del mundo sufrieron el fenómeno de blanqueamiento o murieron como consecuencia del incremento de la temperatura. No obstante, en algunas zonas el efecto fue más severo; en el Océano Índico, por ejemplo, se decoloró 46% de los corales, mientras que en el Pacífico mexicano se registró una mortalidad de corales que fluctuó entre 18 y 70%.

¿Cuáles son los cambios pronosticados para México y el mundo como consecuencia del cambio climático?

Ante los cambios actuales en el clima seguramente te preguntarás ¿cómo será el clima del futuro? ¿Cuáles serán las consecuencias de su alteración en nuestro país y en el planeta entero? También

los científicos a nivel mundial se han hecho estas preguntas, y han realizado investigaciones para comprender los cambios tanto climáticos como biológicos y sociales que ya enfrentamos. Asimismo, se han dado a la tarea de generar escenarios –por medio de complejos modelos- que permitan prever los posibles cambios que se presentarán en el futuro. En México también se han hecho esfuerzos para generar posibles escenarios y, aunque aún están en fase de desarrollo y mejoramiento, las predicciones nacionales van muchas veces de la mano con las predicciones mundiales (Figura 6.10).

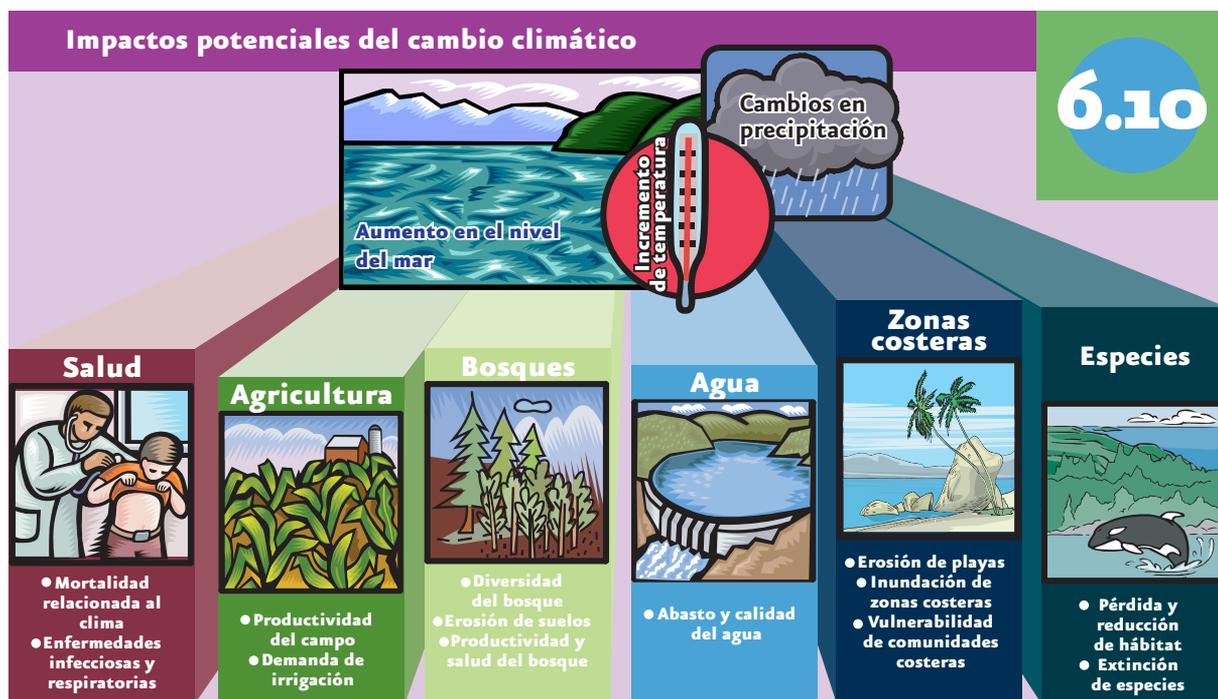
En el mundo

A principios del 2007 la atención del mundo se dirigió al IPCC, que presentó un avance del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. En su informe previo, el IPCC planteó que, si no se adoptan las políticas necesarias para reducir al mínimo las causas del cambio climático –principalmente la emisión de gases de efecto invernadero-, en el año 2100 la concentración global de bióxido de carbono será entre 540 y

970 partes por millón (actualmente es de casi 380 y en la época preindustrial era de 280 partes por millón). Asimismo, en el último informe de evaluación se prevé que, para la última década del siglo XXI, la temperatura pueda aumentar entre 1.8 y 4°C y con ello el nivel del mar podría subir desde 18 hasta 59 centímetros.

Un incremento de temperatura de esta magnitud puede acompañarse de condiciones de sequía en algunos lugares e intensas lluvias en otros. Es posible que el incremento de temperatura previsto te parezca pequeño, pero imagina tan sólo que durante la última Edad de Hielo, hace más de 11 mil 500 años, la temperatura global era solamente 5°C menor que en la actualidad y ocasionaba que una gruesa capa de hielo cubriera la mayor parte de Europa.

Los cambios en el clima mundial enfrentarán a los seres vivos –incluidos los seres humanos- a las consecuencias del cambio climático. Por ejemplo, es posible que cientos de especies de plantas europeas sean afectadas por el cambio en el clima y algunas de ellas se extinguirán en el futuro





**Los cambios de precipitación
provocarán inundaciones en
algunos sitios y sequías en otros.**

próximo. La frecuencia de blanqueamiento y muerte de corales aumentará, y con ello, muchas comunidades que dependen de su explotación, a través del turismo y la producción de productos pesqueros, sufrirán las consecuencias. En el caso de las tortugas –y otras especies de reptiles, como los cocodrilos y caimanes-, la proporción de sexos podría alterarse como consecuencia del incremento de temperatura, ya que en este grupo de animales la temperatura es clave para definir el sexo de las crías; bastan entre dos y tres grados de diferencia para definir si la cría es hembra o macho. Este cambio en las proporciones sexuales altera la estructura de las poblaciones, ya que la competencia por conseguir pareja se incrementa y muchos individuos pueden quedarse sin pareja para reproducirse.

El volumen de plancton también puede reducirse, y debido a que se encuentra en el inicio de la

cadena alimentaria de todos los ecosistemas marinos, puede afectar la productividad global de los océanos, y con ello, la producción mundial de productos pesqueros para el consumo humano. La reducción prevista del hielo marino en el Ártico, a pesar de que beneficiará a la navegación –será más rápido y sencillo recorrer ciertas distancias–, perjudicará gravemente a la fauna silvestre. Además de los ejemplos ya descritos de osos polares y pingüinos, también estos cambios seguramente dañarán a focas, morsas y otros mamíferos marinos.

La población humana también deberá enfrentar los cambios futuros. Por ejemplo, se ha pronosticado un aumento en las muertes y enfermedades relacionadas con el calor y una disminución de las muertes causadas por el frío invernal en algunas regiones templadas.

En el año 2090, la temperatura y el nivel del mar podrían aumentar hasta 4°C y 59 centímetros, respectivamente.

Los cambios fuertes de temperatura también tienen efectos en la distribución geográfica de los animales transmisores de enfermedades –llamados técnicamente “vectores”–, como son los mosquitos y las garrapatas. Algunos de ellos –como los que transmiten el dengue y el paludismo– viven en las zonas cálidas, por lo que de aumentar la temperatura global y ampliarse las zonas con climas cálidos, podrían desplazarse a latitudes que antes eran frías. Con ello se pueden expandir las zonas de transmisión del paludismo y el dengue, enfermedades que anualmente matan cerca de 1.5 millones de personas en el mundo.

También la calidad y disponibilidad del agua, uno de los recursos más importantes para la humanidad, podrían verse afectadas por el aumento de la temperatura global. El incremento de la temperatura reduce la concentración de oxígeno disuelto en el agua, el cual es esencial para la supervivencia de los organismos acuáticos. Aunado a ello, se proyecta que el cambio climático reducirá en gran medida las reservas de agua disponibles en muchas de las zonas en las que actualmente ya es insuficiente.

Los cambios en la intensidad y distribución de las lluvias también tendrán efectos importantes. En las zonas donde aumenten las precipitaciones, es probable que los daños por inundaciones se incrementen –los cuales pueden alcanzar miles de millones de dólares–, mientras que en las regiones donde disminuyan, se prevé un aumento en la frecuencia de sequías y en sus impactos en la agricultura y ganadería, afectando la disponibilidad, al menos temporal, de productos alimenticios en ciertas zonas del globo, muchas de las cuales ya sufren problemas de abasto de alimentos.

Todos los impactos descritos anteriormente provienen de modelos matemáticos que, aunque intentan tomar en cuenta la mayor parte de las variables que actúan sobre el clima, son incapaces de predecir con exactitud lo que pasará en el futuro. Es decir, aunque es probable que ocurran en la forma en que lo has leído, pueden también hacerlo con otra magnitud. No obstante, se ha visto que predicciones anteriores son consistentes con los cambios observados, por lo que son confiables. Por ejemplo, el IPCC en su primer reporte de evaluación en 1990 pronosticó que la temperatura promedio global aumentaría entre 0.15 y 0.3°C por década para el periodo 1990-2005, lo cual es consistente con el valor registrado de 0.2°C para ese periodo.

En México

En el país se han realizado a la fecha diversos estudios sobre nuestra vulnerabilidad ante el cambio climático global, entre ellos destacan los de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Nacional de Ecología. Éstos indican que el clima de México será más cálido que en la actualidad, principalmente en el de por si ya caliente norte del país. Según estos modelos 96.9% del territorio nacional es susceptible en grado moderado y alto a la desertificación y disminución de lluvias como consecuencia del cambio climático.

Se prevé un incremento de la frecuencia de sequías en el norte del país, mientras que en la región sur se espera que llueva menos que lo que se registra hoy día. A pesar de que el norte del país ha presentado más lluvias en las últimas décadas (Figura 6.6), la humedad en el suelo podría disminuir, generando una sequía, como consecuencia de una mayor temperatura y evaporación. Para otras partes del país se espera, en términos generales, que las lluvias se reduzcan hasta 15% en regiones del centro y menos de 5% en la vertiente del Golfo de México, principalmente

entre los meses de enero y mayo. Esta situación llevará a una menor disponibilidad del agua en el país.

Si observas la Figura 6.11 notarás que actualmente estamos ejerciendo una presión muy importante por la explotación del agua, principalmente en la región noroeste del país y en la cuenca del Valle de México. En este último caso, el volumen que usamos es mayor incluso que la disponibilidad del recurso, por lo que para satisfacer las necesidades de la población del Valle de México hay que llevar agua de otras regiones hidrológicas, ejerciendo con ello una explotación a distancia y en varios casos afectando a las poblaciones locales de donde se extrae el agua. Si se consideran las proyecciones de variables socioeconómicas (población, producto interno bruto, agricultura, etcétera) y los escenarios previstos de cambio climático se obtiene que la disponibilidad de agua entre los años 2020 y 2030 puede disminuir 10% respecto a lo que se tenía en el año 2000. Bajo este escenario, tanto Baja California como Sonora pasarán a una situación crítica en la presión sobre el recurso agua (Figura 6.11). Aunque no a niveles críticos, otras zonas del país también incrementarán sensiblemente su grado de presión sobre sus recursos hídricos. Hasta ahora se consideraba a los factores socioeconómicos como los más importantes para determinar la disponibilidad de agua, sin embargo, estos modelos nos dicen que el cambio climático puede ser muy importante en la determinación de la disponibilidad de agua en el país en las próximas dos décadas.

Como consecuencia de la disminución en la disponibilidad del agua en el país, la producción de alimentos puede ser afectada. Es posible que la superficie con buenas condiciones para el cultivo de maíz se reduzca del actual 40% del territorio nacional a tan sólo 25%. También se prevé que como consecuencia del cambio climático, el rendimiento de los cultivos de maíz en México disminuya entre 6 y 61%.

La temperatura de la superficie del mar en el Caribe, Golfo de México y Pacífico mexicano podría aumentar entre 1 y 2°C a partir del año 2020. Como consecuencia, es probable que los huracanes alcancen categorías mayores en la escala Saffir-Simpson, debido principalmente a que las aguas calientes de los mares aumentan la fuerza de los huracanes y con ello la magnitud de sus daños.

El ascenso del nivel medio de mar también podría afectarnos. ¿Qué pasaría en el país si se elevara el nivel del mar? Si realizáramos el ejercicio de subir el nivel del mar un metro, las costas del país que conocemos actualmente podrían cambiar y se verían como en la Figura 6.12. Te darás cuenta que, justo como han previsto los especialistas, el estado de Tabasco sería el más afectado. Sin embargo, también se inundarían distintas zonas a lo largo de la costa de la Península de Yucatán, Veracruz, Chiapas, así como la isla Cozumel. En el norte y centro del país las zonas que, de acuerdo con este ejercicio, se afectarían más son: el delta del Río Colorado, la costa este de Baja California Sur y algunas zonas de las costas de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Nayarit. De acuerdo con el IPCC se espera que para el periodo 2090-2099 el nivel del mar haya aumentado hasta 59 centímetros, aunque para años posteriores no se descartan mayores incrementos. Es probable que con dicho aumento las zonas afectadas en México sean similares a las del ejercicio anterior.

Los impactos sobre el ambiente también pueden afectar a la sociedad en distintos aspectos, entre ellos nuestra calidad de vida y salud. Un efecto directo del cambio climático en la salud humana

El cambio climático puede provocar sequías en el norte del país, mientras que en el sur podría llover menos.

Grado de presión sobre el agua

6.11





es el de los llamados “golpes de calor” –situación en la que el cuerpo es incapaz de perder el calor excedente cuando una persona está bajo el sol-, los cuales tienen mayor impacto en un sector de la población – niños y personas mayores de 65 años-. Los estados con mayor mortalidad por esta causa están en el norte del país, siendo principalmente Sonora y Baja California. Los registros de mortalidad entre los años 1979 y 2003 indican que, en 1998 -uno de los años más calurosos de las últimas décadas-, se incrementaron las muertes por esta causa.

El Instituto Nacional de Ecología indica que se ha encontrado una relación directa entre el incremento en la temperatura ambiental y el número de casos de dengue. El número de casos de dengue en el país se ha incrementado desde 1995, siendo los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Nuevo León, Oaxaca, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz los más susceptibles a registrar casos de esta enfermedad.

Pero no sólo a través de los cambios en los patrones de enfermedades y calidad de vida se

afectará la sociedad mexicana por el cambio climático. Como ya lo mencionamos para el caso mundial, los ecosistemas nacionales también están en peligro, y con ello muchos de los bienes y servicios ambientales que nos proveen. Se ha calculado que 50% de la cubierta vegetal nacional puede sufrir alteraciones, entre las que destacan su desaparición –en algunos casos definitiva- de ciertas zonas y la colonización de otras nuevas. Los tipos de vegetación más afectados –por la posible reducción de sus superficies actuales-, serían los bosques de coníferas y encinos, seguidos del matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña, la vegetación acuática y subacuática y el pastizal. En contraste, se prevé que los tipos de vegetación que podrían aumentar su superficie respecto a la actual, debido al cambio de condiciones climáticas, son el bosque tropical perennifolio, el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio y el bosque espinoso.

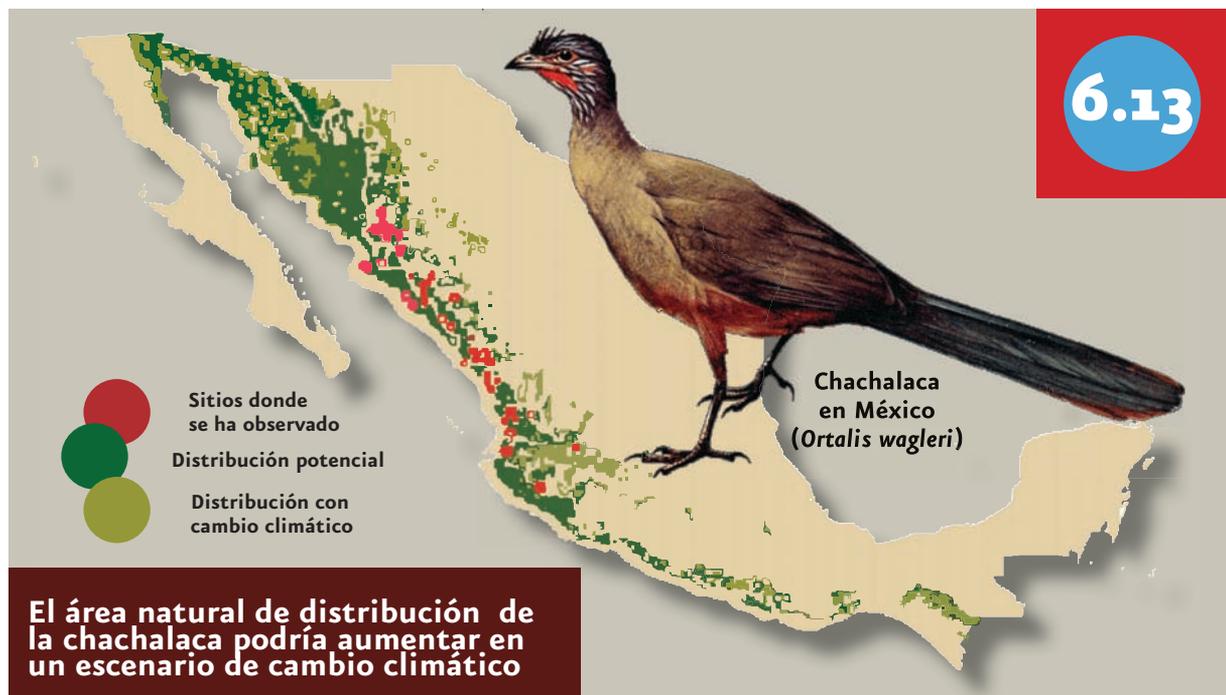
Como te imaginarás, al ocurrir cambios en la vegetación se generan cambios en la distribución de las especies que habitan esos ecosistemas. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de

la Biodiversidad (Conabio), desarrolló un modelo para determinar los posibles efectos del cambio climático en la distribución de dos especies de aves: la chachalaca (*Ortalis wagleri*, de amplia distribución) y el pavón (*Oreophasis derbianus*, de distribución geográfica muy restringida). Ambas son un ejemplo de aquellas especies que probablemente cambiarían su distribución geográfica en virtud del tipo de vegetación que habitan. En México, la chachalaca sobrevive preferentemente en los bosques tropicales caducifolios del Pacífico norte (Figura 6.13), los cuales probablemente incrementen su superficie en el futuro ante el cambio de clima.

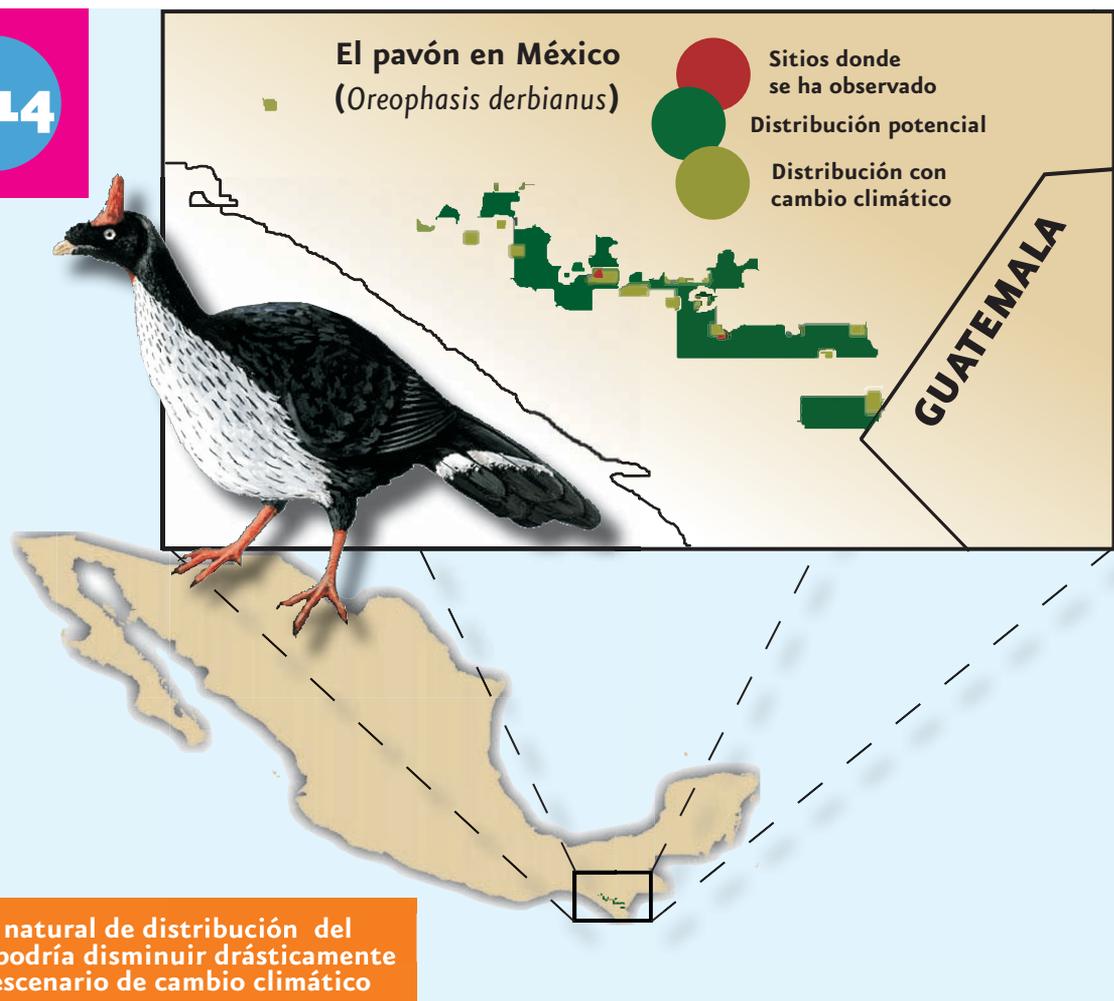
El pavón -una especie en peligro de extinción y que sólo se encuentra en los bosques mesófilos de montaña de México y Guatemala-, también cambiará significativamente su distribución, puesto que se pronostica que en 50 años los bosques mesófilos de montaña de Chiapas se habrán contraído notablemente (Figura 6.14). Esto pondrá seguramente a los raros ejemplares de

esta especie en una condición de vulnerabilidad que incluso los incluye en la lista de las especies mexicanas perdidas en el siglo XXI.

Con todo lo que te hemos presentado en los párrafos anteriores no pretendemos mostrar un futuro desolador en el que no quede nada por hacer. Por el contrario, queremos que estés consciente de la magnitud del problema que nos afecta ya hoy día y de que estamos a tiempo de prevenir los peores escenarios. Al igual que como con el ejercicio de la afectación costera por la elevación del nivel del mar, es importante que tengas en mente que las predicciones descritas arriba para los diferentes elementos del ambiente tienen cierto grado de incertidumbre, por lo que no deben tomarse como hechos seguros del futuro. Quizá te preguntes entonces para qué sirve hacer este tipo de ejercicios si su imprecisión es tal que no es posible saber con certeza qué pasará en el futuro. En este sentido, resulta útil contar con dichas aproximaciones, ya que sirven, en la mayor parte de los casos, para que los encargados de los



6.14



gobiernos diseñen estrategias y pongan manos a la obra con el fin de prevenir los posibles impactos que los modelos de los efectos del cambio climático puedan anticipar.

Es evidente que la inclusión de noticias referentes a los efectos y evidencias del cambio climático (deshielos, cambios en la precipitación, aumento en la intensidad y frecuencia de huracanes, etc.) en los medios de comunicación ha convertido a este problema global en un tema de interés general. Aunque aún existe incertidumbre alrededor de los modelos climáticos y continúa la discusión sobre el papel que juegan las

actividades humanas en el cambio climático, sería irresponsable escudarnos en este argumento para no actuar. Lamentablemente, es probable que cuando las evidencias sean incuestionables, sus efectos sean, en muchos casos, irreparables. Es por ello que es preciso impulsar las iniciativas, tanto las que se han propuesto a nivel internacional como nacional (por ejemplo, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero), que permitan controlar y minimizar los efectos del cambio climático. Sin embargo, también es necesario y natural preguntarnos qué podemos hacer cada uno de nosotros para contribuir a la solución de este problema.

¿Qué está haciendo la sociedad para frenar el cambio climático?

En 1992, dentro del seno de las Naciones Unidas, surgió la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), que tiene como objetivo lograr que la concentración de los GEI en la atmósfera no continúe aumentando, es decir, que se estabilice. Nuestro país firmó y ratificó este acuerdo internacional en 1992 y 1993, respectivamente.

Como instrumento legal de la UNFCCC surgió el Protocolo de Kioto, que estableció como obligación para los países desarrollados la reducción en 5% de sus emisiones de GEI –tomando como base sus emisiones del año 1990- para el periodo comprendido entre 2008 y 2012. Para los países en desarrollo no existen metas cuantificables de reducción de sus emisiones de GEI, pero sí existen compromisos particulares, entre ellos la elaboración de inventarios nacionales de emisiones. México firmó este protocolo en 1998 y lo ratificó en el año 2000 dentro de la categoría de “país No Anexo I”, es decir, como país en desarrollo. A la fecha, nuestro país ha publicado tres inventarios de emisiones, el último de los cuales se presentó a finales del 2006.

Algunos de los países que más emiten GEI a la atmósfera se han negado a firmar el Protocolo de Kioto, entre ellos destaca Estados Unidos, que contribuye con poco más de 20% de las emisiones mundiales de GEI. Como consecuencia, el protocolo –que surgió en 1997- no entró en vigor sino hasta febrero de 2005, ya que se requería que fuera aceptado por un grupo de países Anexo I –es decir, de países desarrollados- que en conjunto hubieran emitido 55% de los GEI de 1990. A finales del año 2004, Rusia, responsable de 17.4% de las emisiones mundiales de GEI, ratificó su adhesión al protocolo, con lo cual después de varios años de incertidumbre el Protocolo de Kioto pudo entrar en vigor.

En el marco de estos acuerdos internacionales, México ha impulsado distintas medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, así como otras enfocadas a la reducción de emisiones de GEI. Entre estas medidas se encuentran la elaboración de sus inventarios nacionales de emisiones, así como diversos programas en los sectores forestal y energético. Los programas forestales buscan conservar y manejar las áreas forestales que capturan el bióxido de carbono, con lo cual se intenta que una menor cantidad de este gas quede libre en la atmósfera. En el sector energía, se implementó a partir de abril de 1996 el llamado “horario de verano”, que ha permitido que se dejen de quemar el equivalente a 14 millones de barriles de petróleo y que con ello se dejen de emitir a la atmósfera más de 12 millones de toneladas de contaminantes –de las cuales más de 90% corresponden a CO₂-.

Otra de las acciones emprendidas por México es la elaboración de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), que impulsa la reducción de nuestras emisiones y el desarrollo de proyectos para prevenir, evitar, minimizar y crear capacidades –nacionales y locales- de adaptación a los efectos del cambio climático. La estrategia propone líneas de acción y políticas que sirvan para la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático. En este último, el gobierno incluirá las acciones que se deberán tomar en los diferentes sectores (ambiental, económico, agrícola, energético y social, entre otros) para hacer frente a este problema.

Con el fin de hacer más accesible la información referente al cambio climático, el Instituto Nacional de Ecología publicó en la Internet el Portal sobre Cambio Climático, que puedes consultar en: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/

¿Qué puedo hacer...?

Siempre que elijas ahorrar energía, ya sea en forma de combustibles fósiles o energía eléctrica, contribuirás a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. A continuación te presentamos una serie de medidas que puedes tomar para reducir tu contribución a la emisión de estos gases:

- Apaga la luz cuando salgas de una habitación y usa focos ahorradores de electricidad. De esta manera ayudarás a la reducción de la quema de combustibles fósiles que se emplean para generar electricidad.
- Evita estar abriendo y cerrando el refrigerador, ya que así no se escapará el aire frío del interior y no se necesitará un mayor consumo de energía para enfriar el aire caliente que entra al abrirlo.
- Cuando tengas la opción recurre a energías renovables como la solar. Por ejemplo, puedes fabricar una estufa solar, si te animas te recomendamos la página: ¿Cómo construir una estufa solar? (<http://www.solarcooking.org/plans/>), en la que puedes encontrar las instrucciones para construir diferentes modelos con cajas de cartón o barro.



- Te recomendamos apagar y desconectar los aparatos eléctricos que no utilices. Si vives en zonas donde se use aire acondicionado, trata de emplearlo lo menos posible, ya que consume una gran cantidad de electricidad.
- Usa la lavadora de ropa con carga completa para que ahorres agua y electricidad.
- Usa tinacos negros que absorben la energía del sol para emplear menos gas en calentar el agua.
- Toma baños más cortos para consumir menos gas y agua.
- Usa preferentemente bicicleta y transporte público, así reducirás tu consumo de combustibles.
- Convence a tu familia de adquirir vehículos con motores más eficientes que contaminan menos. Para conocer los rendimientos de las diferentes marcas de vehículos nuevos te sugerimos visitar la página de Internet del Instituto Nacional de Ecología en su Portal de Eficiencia Energética y Contaminación de los Vehículos: http://www.ine.gob.mx/dgipea/eeco_vehiculos
- Participa en programas de reforestación en tu comunidad, así contribuirás a aumentar la cubierta vegetal, la cual captura parte del CO₂ que hay en la atmósfera.

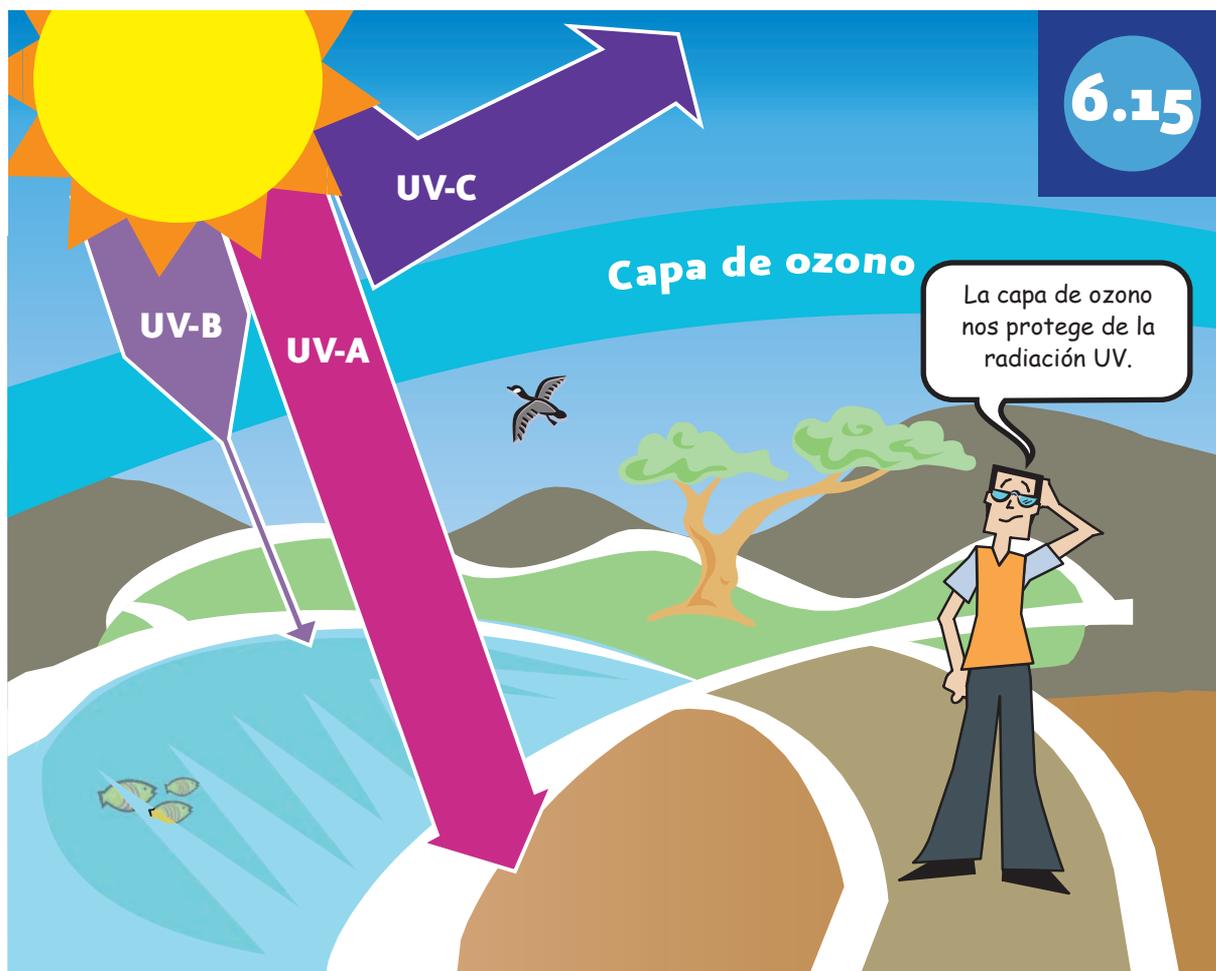
Ozono

¿Un escudo en el cielo? La capa de ozono

¿Alguna vez has oído que en la atmósfera de la Tierra hay un escudo que nos protege del Sol? De hecho, la vida en la Tierra como hoy la conocemos dependió para su desarrollo y sigue necesitando para su subsistencia de una delgada capa de gas llamado ozono.

El ozono –un gas tóxico constituido por tres átomos de oxígeno y cuya fórmula química es O_3 –, se encuentra naturalmente en la atmósfera y funciona como un escudo que nos protege de los

dañinos rayos ultravioleta provenientes del sol (Figura 6.15). Los rayos UV emitidos por el Sol son de tres tipos: UV-A, UV-B y UV-C. La radiación UV-A es la menos nociva y la que llega en mayor cantidad a la superficie terrestre atravesando la capa de ozono. Los rayos UV-C son los más nocivos, ya que son altamente energéticos, pero afortunadamente la capa de ozono no permite su paso. Por último, la mayor parte de los rayos UV-B, también muy dañinos, son retenidos por el ozono, aunque una pequeña parte atraviesa la capa de ozono alcanzando la superficie terrestre, pudiendo causar daños a las células y tejidos de los organismos.



Después de leer esto seguramente te preguntarás ¿pero qué no el ozono es, como nos dicen constantemente en las noticias, un contaminante que ocasiona daños a la salud? Pues sí, es cierto. Lo que ocurre es que el ozono puede ser “bueno” o “malo” dependiendo de dónde se encuentre. Si está muy cerca de la superficie terrestre podemos respirarlo, lo que nos ocasiona enfermedades respiratorias; en cambio, si se encuentra mucho más arriba de la superficie -en la estratosfera, donde forma la capa de ozono-, funciona como filtro para los rayos UV-B. La estratosfera es la región de la atmósfera que abarca de los 10 a los 50 kilómetros de altura y dentro de ella, a los 25 a 35 kilómetros aproximadamente, se ubica la capa de ozono estratosférico.

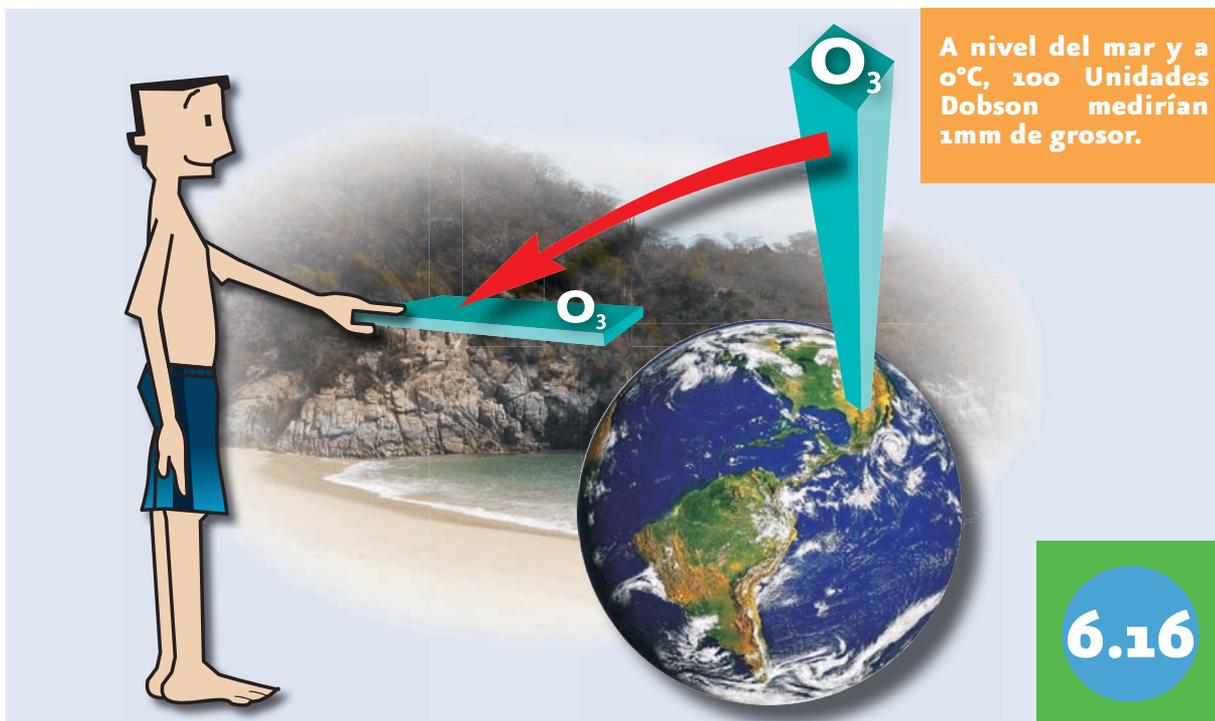
Aunque esta capa abarca una pequeña parte de la atmósfera, la vida en la Tierra podría ser imposible sin ella, básicamente por dos razones. Por un lado, el ozono absorbe la mayor parte de la radiación UV-B proveniente del Sol, protegiendo a los seres vivos de sus efectos dañinos; por otro, porque libera la energía solar absorbida en forma de calor,

contribuyendo a que las características térmicas de la atmósfera permitan variar la temperatura dentro de márgenes aceptables para los seres vivos.

¿Existe un agujero en la capa de ozono?

Es común que se hable en los medios masivos de comunicación acerca de un agujero en la capa de ozono. Sin embargo, no se trata de un agujero en el sentido estricto de la palabra, pero sí de un adelgazamiento importante de esta capa que permite el paso de una cantidad de radiación ultravioleta mayor a la normal.

Pero, ¿cómo sabemos que la capa de ozono se está adelgazando? Para contestar a esta pregunta primero debemos revisar cómo se mide el grosor de la capa de ozono. Los científicos lo miden como la cantidad de ozono presente en una columna imaginaria de aire que se extiende desde la superficie terrestre hacia las partes altas de la atmósfera (Figura 6.16). El grosor se expresa en unidades Dobson (UD),



de las que cien representan una cantidad equivalente a 1 milímetro de grosor de la capa de ozono si pudiéramos esa cantidad de ozono al nivel del mar. Ahora bien, el grosor de la capa de ozono no es uniforme alrededor del globo; por ejemplo, en los trópicos su grosor oscila entre las 250 y las 300 UD, mientras que en las regiones templadas los cambios estacionales producen mayores variaciones, y los valores pueden ser de entre 300 y 400 UD. Se considera que el “agujero de ozono” se forma cuando los valores de ozono están por debajo de las 200 UD. Actualmente sabemos que este adelgazamiento o agujero de la capa de ozono alcanza su tamaño máximo sobre la Antártica entre los meses de septiembre y diciembre.

¿Cómo se dieron cuenta los científicos del adelgazamiento de la capa de ozono?

En la década de los setenta los científicos empezaron a detectar un aumento en la radiación UV-B que llegaba a la superficie terrestre. Esto los hizo sospechar de una posible alteración

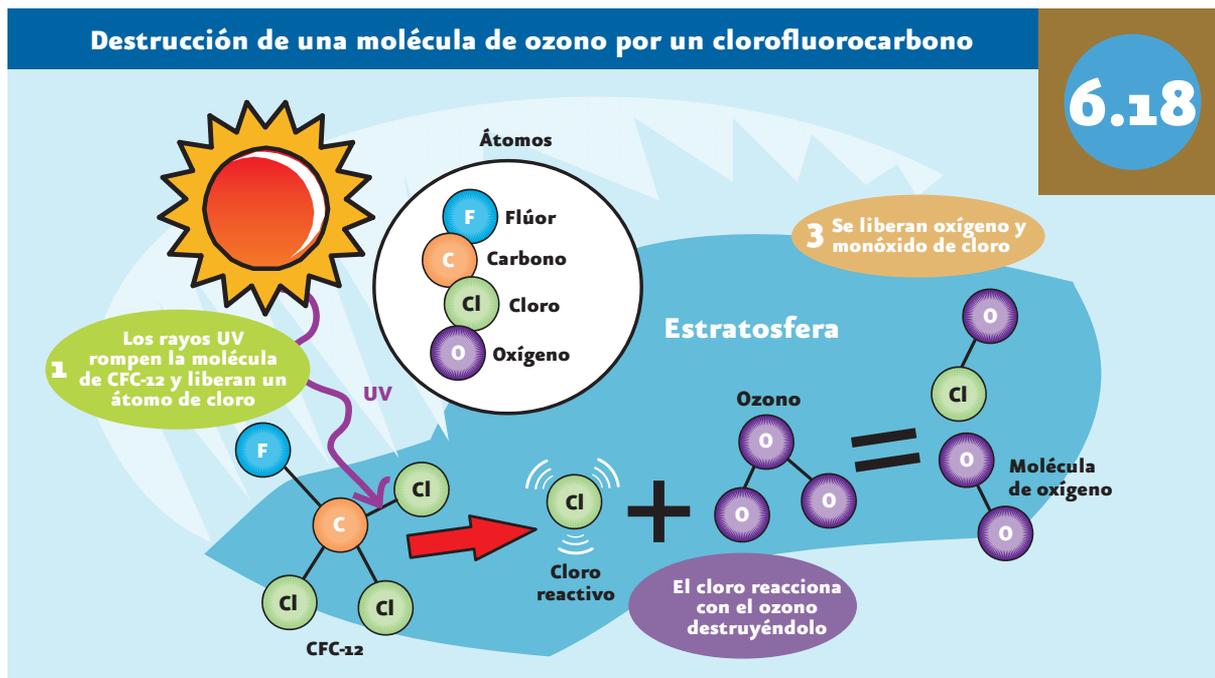
en nuestro escudo natural: la capa de ozono. A partir de entonces las investigaciones sobre las modificaciones a la capa de ozono y sus posibles causas se intensificaron. La respuesta al porqué del adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico vendría de la investigación de Sherwood Rowland y el mexicano Mario Molina -ganadores del premio Nobel de Química de 1995-, quienes descubrieron en 1974 que algunas sustancias orgánicas fabricadas por el hombre, que contienen cloro, flúor y bromo, provocaban la desaparición del ozono estratosférico.

Las primeras sustancias de este tipo, conocidas en general como Sustancias Agotadoras del Ozono (SAO), fueron sintetizadas por primera vez en 1928, y han sido empleadas desde entonces en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado, en la fabricación de la espuma rígida de poliuretano (conocida comúnmente como unicel), solventes, insecticidas, aerosoles y extintores (Figura 6.17). Dentro de la familia de compuestos que integran las SAO destacan los clorofluorocarbonos (CFC), los hidroc fluorocarbonos (HCFC), los halones, el bromuro de metilo (MBR), el tetracloruro de carbono (TET) y el metilcloroformo (MCF).



Destrucción de una molécula de ozono por un clorofluorocarbono

6.18



Su efecto sobre la capa de ozono se debe a que estas sustancias tienen un alto poder destructivo sobre las moléculas de ozono: una molécula de cloro o de bromo puede destruir hasta cien mil moléculas de ozono durante su permanencia en la estratosfera. Veamos a continuación un ejemplo de cómo se produce la destrucción del ozono. La luz ultravioleta proveniente del Sol descompone a las SAO liberando átomos de cloro o bromo -dependiendo de que SAO se trate-. Como puedes observar en la Figura 6.18, el cloro que ha sido separado de la molécula de CFC-12 y que es altamente reactivo, destruye la molécula de ozono -formada por tres átomos de oxígeno- al unirse a un átomo de oxígeno, formando monóxido de cloro y liberando una molécula de oxígeno.

Es preciso decir que no todas las SAO destruyen con la misma eficacia a las moléculas de ozono.

Una molécula de cloro o de bromo puede destruir hasta cien mil moléculas de ozono.

Para medir su impacto, se asigna a cada una de las SAO un valor numérico conocido como “potencial de agotamiento de la capa de ozono”, que se refiere a su potencia relativa para destruir moléculas de ozono. Para ello, se ha tomado como valor de referencia al potencial de agotamiento del CFC-11 y el CFC-12, cuyo valor se ha convenido arbitrariamente como equivalente 1. Esto quiere decir que si un producto tiene un potencial de agotamiento de la capa de ozono de 0.5, entonces una cantidad determinada de ese producto en la atmósfera degradará la mitad de las moléculas de ozono que la misma cantidad de CFC-11 o CFC-12 podría destruir.

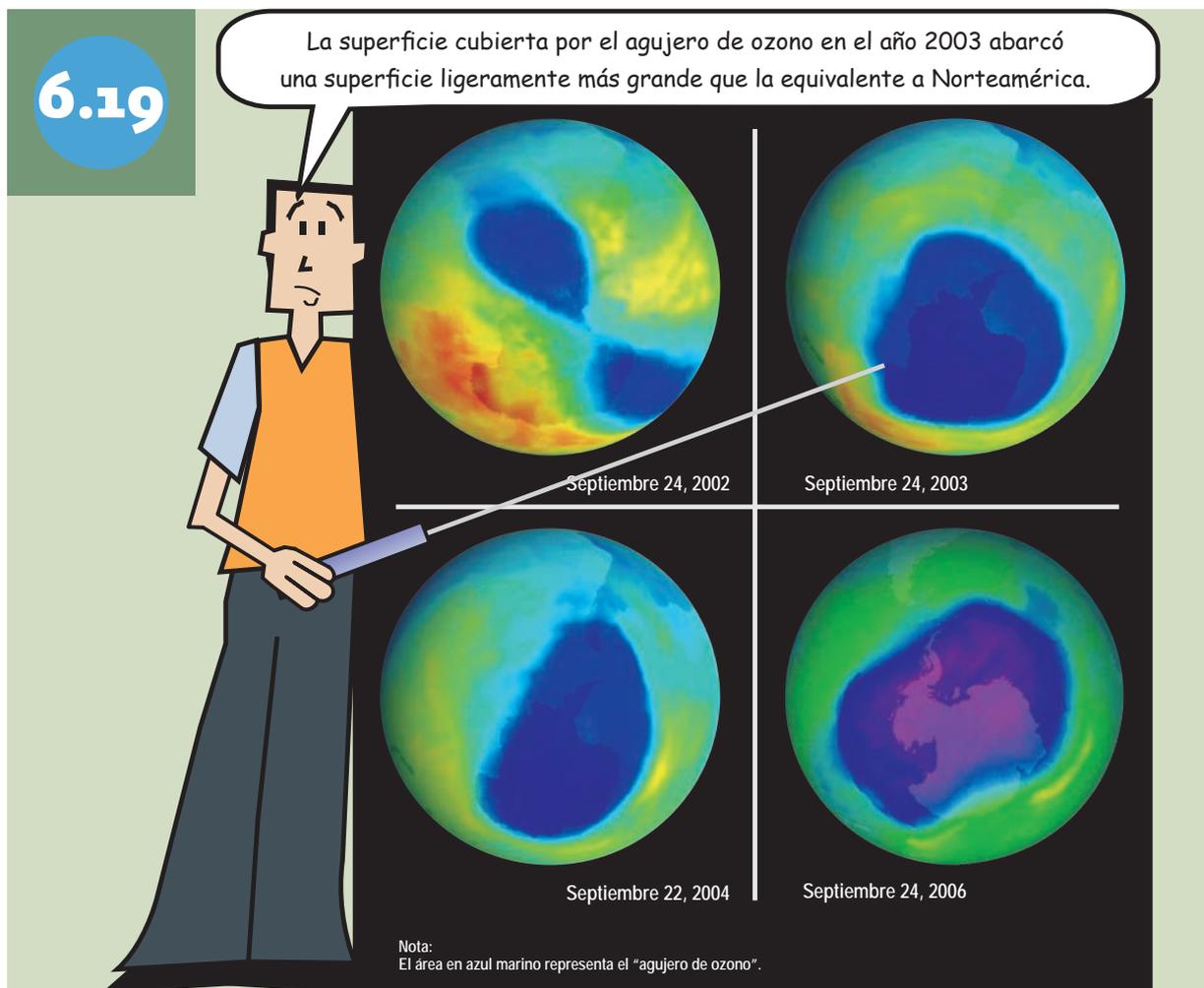
A pesar de que la mayor parte de las emisiones de SAO ocurren en Europa, Norteamérica y Japón -cerca de 90% de las emisiones mundiales-, y el adelgazamiento de la capa de ozono ocurre a nivel global, las condiciones climáticas del polo sur favorecen las reacciones que convierten a las SAO en gases reactivos que destruyen el ozono, por lo que es en esta zona donde ocurre el mayor adelgazamiento.

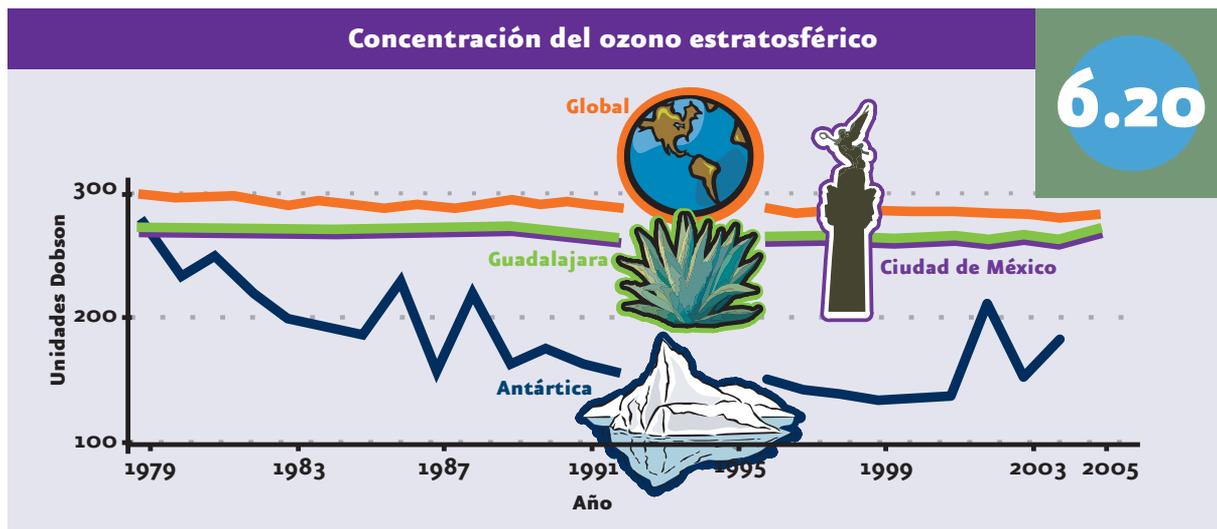
El “agujero de ozono” fue observado por primera vez a principios de los años ochenta y presentó su máximo tamaño en el año 2000, cubriendo cerca de 29.4 millones de km², es decir, una superficie ligeramente más grande que toda Norteamérica. En el 2003 y el 2006 el máximo tamaño registrado fue similar al del año 2000 -28.4 y 27.1 millones de km² respectivamente-. En 2006, la concentración de ozono en la zona del “agujero” fue de las más bajas registradas, llegando a tan sólo 85 UD (Figura 6.19).

En la figura 6.20 puedes ver graficadas las concentraciones estratosféricas de ozono en el mundo, en Antártica y en dos ciudades de México. Como podrás notar, la concentración de ozono

estratosférico en Antártica registra el nivel más bajo, y muestra también una reducción importante de las concentraciones actuales en comparación con las concentraciones de principios de los años ochenta. En contraste, los niveles de ozono de las ciudades mexicanas para las que se tiene información –la Ciudad de México y Guadalajara- no presentan cambios significativos en los niveles de ozono en el tiempo.

Es importante mencionar que, aunque en las ciudades mexicanas no estemos –al menos todavía- expuestos a los efectos de este problema, no significa que no seamos responsables de una parte de las emisiones de estos gases a la atmósfera.





6.20

¿Cuáles son las consecuencias del adelgazamiento de la capa de ozono?

El adelgazamiento de la capa de ozono permite que llegue a la superficie de nuestro planeta una mayor cantidad de radiación UV-B. La exposición moderada a esta radiación no representa en sí una situación peligrosa; de hecho, en los seres humanos constituye una parte esencial del proceso de formación de la vitamina D en la piel, importante para absorción del calcio y el fósforo en el intestino, y por tanto para su utilización en huesos y dientes.

El problema es que cuando aumentan los niveles de exposición, como consecuencia del adelgazamiento de la capa de ozono, se pueden producir efectos perjudiciales para la salud humana, los animales, las plantas, los microorganismos y algunos productos como los plásticos y los materiales de construcción. En los seres humanos, y en general en los animales, la exposición prolongada a la radiación UV-B puede provocar daños en los ojos como cataratas, así como el debilitamiento del sistema inmunológico e incluso, cáncer de piel. Esta radiación tiene también efectos adversos

en las plantas, destacando afectaciones en su crecimiento y fotosíntesis. También puede haber alteraciones en los organismos jóvenes de especies de peces, camarones, cangrejos y anfibios, así como en el fitoplancton, que al ser la base de la cadena alimenticia marina, puede provocar importantes alteraciones en los ecosistemas marinos.

Los seres vivos mayormente afectados son los que habitan en la zona cercana a donde se adelgaza la capa de ozono. Sus efectos más relevantes se han observado principalmente en países como Argentina, Chile, Brasil y Uruguay. Por ejemplo, los habitantes de ciudades sureñas como Punta Arenas en Chile, son afectados por una mayor incidencia de radiación UV. En el periodo 1987-1993 se registraron 65 casos de cáncer de piel en esta ciudad mientras que en los siguientes siete años esta cifra subió a 108 casos. Australia también se encuentra cerca de la zona donde se forma el “agujero de ozono” y es uno de los países con las mayores incidencias de cáncer de piel –cada año mueren alrededor de 1 200 australianos-. Investigadores de California encontraron una reducción mínima de 6% del fitoplancton de Antártica debido a una mayor incidencia de rayos UV-B que llegan a la Tierra como consecuencia del adelgazamiento de la capa de ozono.

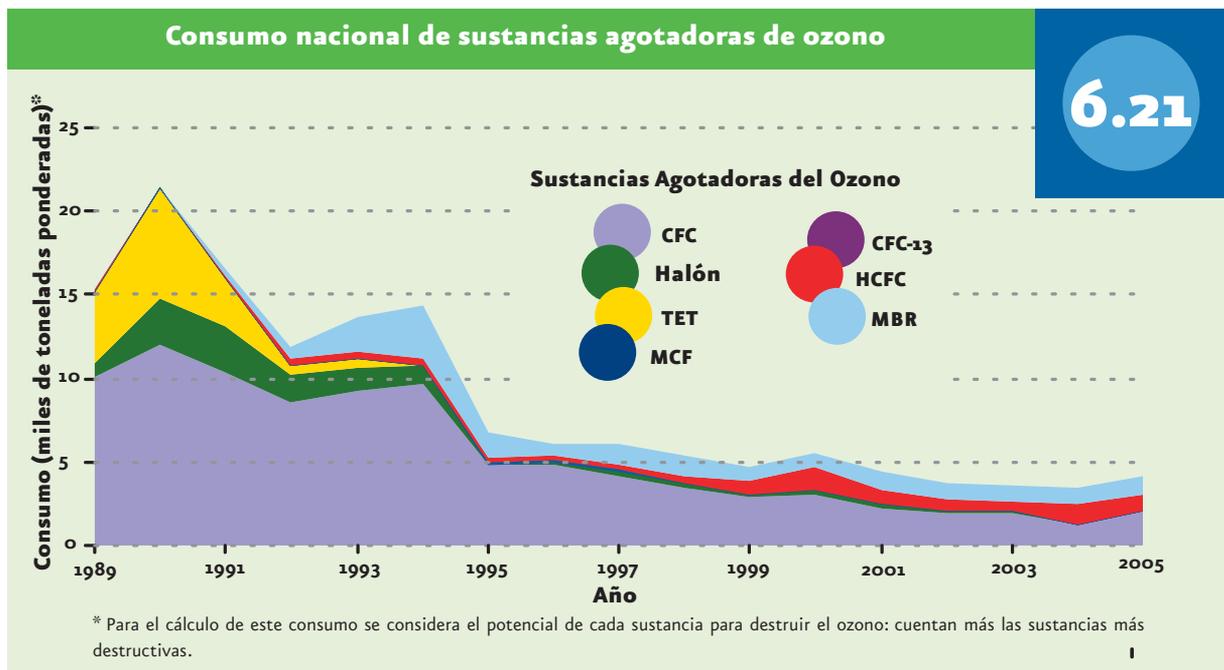
¿México es responsable del agujero de ozono?

Aunque a nivel mundial China es el principal consumidor de SAO -en el año 2004 consumió cerca de 60% del total mundial- México también contribuye con la emisión de estas sustancias. En nuestras casas usamos refrigeradores, en las oficinas e industrias hay extintores de fuego y consumimos muchos productos agrícolas cuya producción requirió del uso de plaguicidas. En cada uno de estos bienes y productos puede estar presente una sustancia agotadora del ozono. Entre más sustancias que destruyan al ozono usemos en la elaboración o funcionamiento de nuestros productos de consumo, mayor será nuestro impacto sobre la capa de ozono y mayor nuestra contribución a la formación del agujero de ozono. En el año 2004, México contribuyó con alrededor de 2.7% del consumo mundial de SAO.

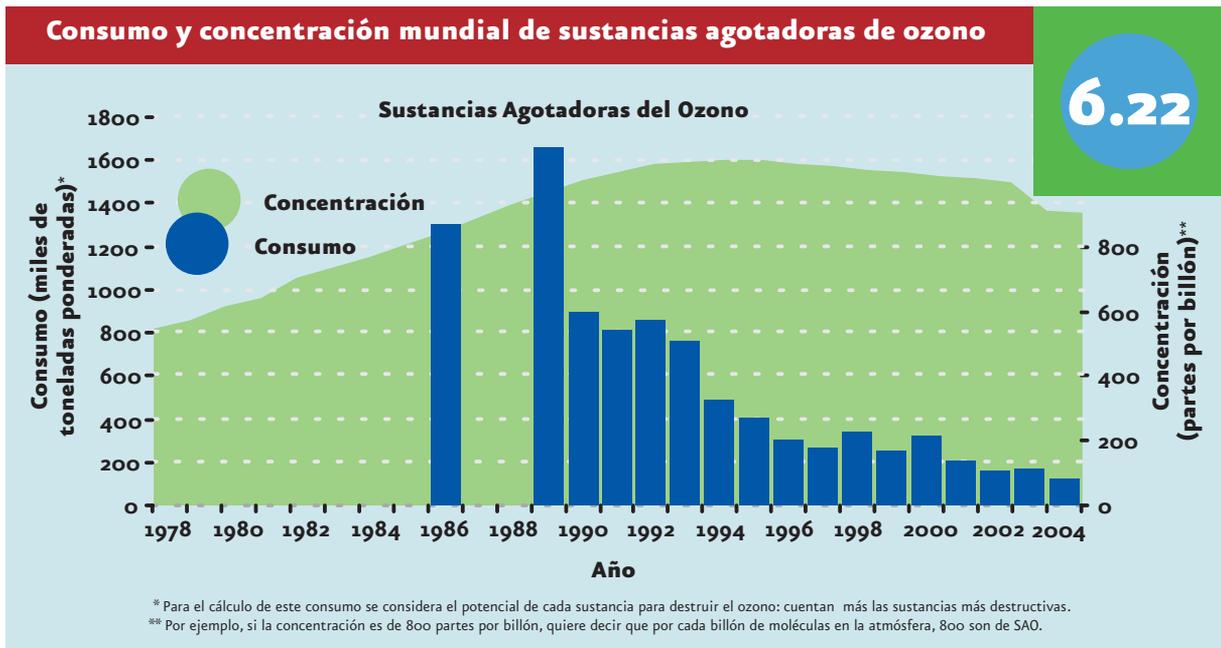
En México, el consumo de SAO se dirige predominantemente a los CFC -que son empleados en la refrigeración- con alrededor

de 50% del consumo total. Los HCFC -también usados en la refrigeración- constituyen 22% del consumo total y el bromuro de metilo -utilizado en plaguicidas- representa 25% (Figura 6.21). El consumo total de SAO en México ha disminuido de manera constante: en 2005 fue 73% menor que el reportado para 1989.

A pesar de que a nivel mundial también ha disminuido el consumo de SAO -alcanzando una reducción de cerca de 90% entre 1986 y el año 2000-, la presencia de estos compuestos en la atmósfera no ha descendido en la misma magnitud (Figura 6.22). Esto se debe a que las SAO tienen “periodos de vida” muy largos, es decir, pueden permanecer mucho tiempo en la atmósfera antes de que se degraden. Por ejemplo, el CFC-12 puede permanecer en la atmósfera hasta 100 años. Sin embargo, como podrás observar en la figura, durante los primeros años de la década de los noventa, la concentración se ha estabilizado e incluso en los años 2003 y 2004 disminuyó ligeramente después del constante incremento observado en los años ochenta.



Consumo y concentración mundial de sustancias agotadoras de ozono



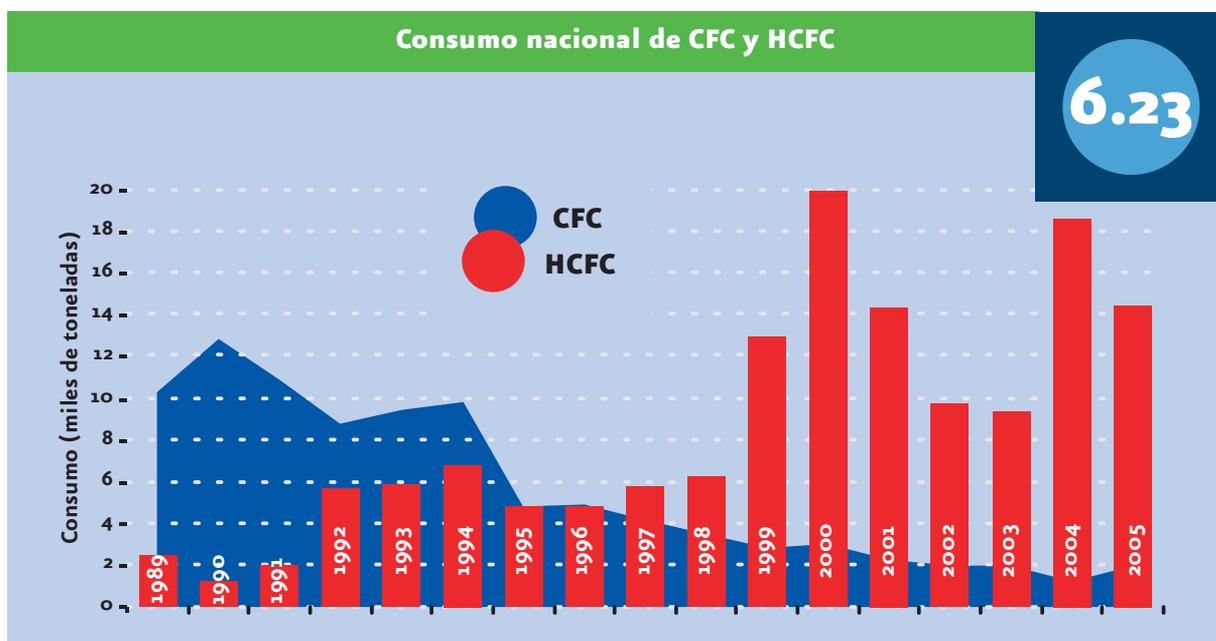
6.22

¿Qué hacemos en México y en el mundo?

¡Imagínate que la sociedad continuara con los actuales patrones de consumo de SAO y, peor aún, con los patrones del pasado! Efectivamente, la situación de la capa de ozono iría en franco deterioro y las consecuencias serían muy graves, como vimos en secciones anteriores. La comunidad científica alertó al mundo respecto a ello y, junto con los gobiernos de diversos países, impulsaron la creación de un mecanismo para reducir el consumo y producción de las sustancias que destruyen el ozono estratosférico. Como consecuencia, en 1985 surgió el Convenio para la Protección de la Capa de Ozono. Como instrumento para poner en marcha el Convenio se presentó el Protocolo de Montreal sobre sustancias que degradan la capa de ozono (1987), el cual ha buscado establecer controles en la producción y el consumo de las SAO, así como impulsar el uso de sustancias alternativas que no destruyan el ozono o que lo hagan en menor medida. Hasta finales del año 2006, el protocolo había sido aceptado por 190 países.

México firmó estos tratados en 1985 y 1987, respectivamente; adoptó las adecuaciones realizadas en Londres (1990) y de Copenhague (1992) y actualmente estudia la posibilidad de ratificar otras dos enmiendas (Montreal en 1997 y Beijing en 1999) donde se han incorporado nuevas sustancias y mecanismos de control sobre el consumo de las SAO. Como resultado de nuestra adhesión a estos tratados, en México actualmente consumimos alrededor de 73% menos SAO de las que consumíamos a principios de los años noventa. Las únicas sustancias que en lugar de disminuir han aumentado su consumo son las conocidas como hidroclorofluorocarbonos (HCFC) –que se emplean frecuentemente en la refrigeración–, sin embargo, son considerablemente menos dañinas puesto que poseen un potencial de agotamiento de ozono mucho menor, por lo que se han considerado como alternativas a los clorofluorocarbonos (CFC; Figura 6.23).

Los expertos han predicho que, con la adopción del protocolo de Montreal, la capa de ozono comenzará a recuperarse en 10 o 20 años y su recuperación plena no llegará antes de la primera mitad de este siglo.

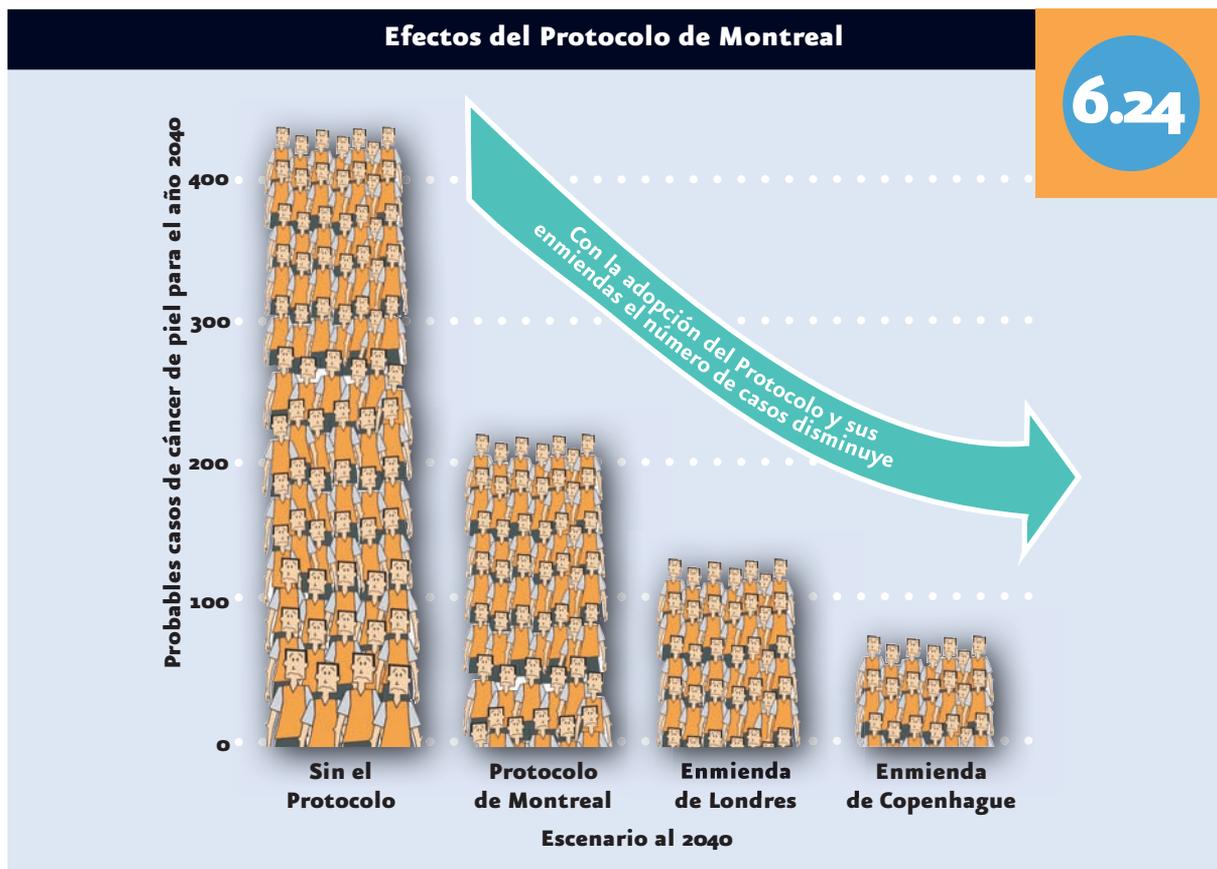


La estrategia seguida en todo el mundo para disminuir el consumo de SAO se basa en el empleo de sustancias y tecnologías alternativas. El sector que produce las espumas de poliuretano -conocidas como unicel-, por ejemplo, reemplazó los CFC por agua, dióxido de carbono y HCFC. En los refrigeradores y sistemas de aire acondicionado ahora usamos sobre todo los HCFC como alternativa, pero los nuevos equipos utilizan cada vez más los hidrofluorocarbonos (HFC) no destructores del ozono (aunque se trata de poderosos gases de efecto invernadero, por lo que es necesario coordinar las acciones para la protección del ozono y el control del cambio climático). Otras SAO muy destructivas, empleadas como agentes de extinción de incendios, son los halones, sin embargo, en los últimos años se ha generalizado

el uso de otras sustancias alternativas como el dióxido de carbono, el agua, la espuma y el polvo seco.

Todas estas acciones se han dado como consecuencia de que los países han cumplido con los compromisos adquiridos en las Convenciones internacionales. Con ello, ha disminuido el consumo mundial de SAO, la concentración atmosférica de estas sustancias se ha estabilizado y comienza a decrecer.

Como la exposición elevada a radiación UV-B puede provocar cáncer de piel, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) se dio a la tarea de realizar un ejercicio de predicción de posibles casos de este cáncer en función de la adopción



del Protocolo de Montreal y sus enmiendas. Los resultados son impresionantes (Figura 6.24). Si no hubiera Protocolo de Montreal, para 2040 podrían presentarse cerca de 450 casos de cáncer de piel por cada millón de personas en el mundo, en contraste con los aproximadamente 230 casos por millón que se pronostican con la existencia de dicho Protocolo. Con las enmiendas de Londres y Copenhague que se han adoptado y que incluyen el control sobre más SAO, se prevé que el número disminuya entre 130 y 100 casos por millón de personas, respectivamente.

El caso anterior es un buen ejemplo de cómo la adopción de medidas para frenar y revertir un problema ambiental puede tener impactos

positivos sobre nuestra vida. No obstante, también debemos adoptar medidas a nivel individual y al interior de nuestra familia, en el grupo de amigos y en nuestra comunidad que apoyen los esfuerzos que los gobiernos realizan para las soluciones de los distintos problemas ambientales.

¿Qué puedo hacer...?

Para reducir tu consumo de sustancias agotadoras del ozono:

- Al deshielar el refrigerador no uses objetos punzo-cortantes, ya que esto puede dañar la tubería del refrigerante y provocar la fuga de las SAO.
- Verifica que el aire acondicionado de tu casa y automóvil estén en buen estado para evitar fugas.
- Compra productos en aerosol, como desodorantes, aromatizantes o fijadores de cabello que indiquen que no contienen CFC o que no dañan la capa de ozono.
- Evita consumir productos empacados con espumas (unicel).
- Convence a tu familia de utilizar técnicas y medios biológicos contra las plagas y enfermedades de los cultivos o las plantas de tu jardín en lugar de usar plaguicidas con bromuro de metilo.



Lecturas y páginas de internet recomendadas

INE. Cambio climático en México.

Disponible en: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/

INE. Portal de Eficiencia Energética y Contaminación de los Vehículos.

Disponible en: http://www.ine.gob.mx/dgipeaeeco_vehiculos/

IPCC. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/languageportal/spanishportal.htm>

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

PNUMA. Acción por el ozono.

Disponible en: <http://www.pnuma.org/ozono/index.php>

Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México. 2005.

Semarnat. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005. México. 2005.

Sustainability Victoria. Getting started. Top tips for a sustainable home. Sustainability in the office. 2006. Disponible en: <http://www.sustainability.vic.gov.au/www.html/1900-top-tips-for-sustainable-living-at-homeasp?intSiteID=4>

Calculadora Mexicana de CO₂.

Disponible en: <http://calculatusemisiones.com>



Bibliografía

BBC News. Animals 'hit by global warming'. 2005 (5 de octubre).

Disponible en: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4313726.stm>

BBC News. Arctic ice 'disappearing quickly'. 2005 (28 de septiembre).

Disponible en: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4290340.stm>

Conabio. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. *Biodiversitas* 44: 1-15. 2002.

Emanuel, K. A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436: 686-688. 2005.

EPA. Ozone Science: The Facts Behind the Phaseout. 2004.

Disponible en: http://www.epa.gov/docs/ozone/science/sc_fact.html

IPCC. *Climate Change 2001: the Scientific Basis*. Cambridge University Press. United Kingdom. 2001.

IPCC. *Climate change 2007: The Physical Science Basis*. Summary for Policymakers. Switzerland. 2007.

La Jornada. El sexo de las tortugas. México. 2005 (4 de octubre).

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



rapid than ever. Press Release. Munich. 2005.
Disponible en: <http://www.mpg.de/english/portal/index.html>

NASA. NASA News. 2005 Warmest Year in Over a Century. USA. 2006.
Disponible en: http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/2005_warmest.html

PNUMA. Acción por el ozono. Secretaría del Ozono. PNUMA. Kenya. 2000.

PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente 2003. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Costa Rica. 2003.

PNUMA y OMM. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. América Latina. 1997.

Rosenzweig C. y M. Parry. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367: 133-138. 1994.

Semarnat-INE. Cambio climático: una visión desde México. México. 2004.

Semarnat-INE. México Tercera Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. México. 2006.

Bibliografía

UNEP. Environmental effects of ozone depletion: 1998 Assessment. Kenya. 1998

WBGU. *The Future Oceans—Warming Up, Rising High, Turning Sour*. German Advisory Council on Global Change. Berlin. 2006.

Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry y H.R. Chang. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309: 1844-1846. 2005.

WMO y UNEP. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 47. Geneva. 2003.



