



ECOLOGÍA y educación ambiental



Roberto Conrado Avendaño Palazuelos
Alma Rebeca Galindo Uriarte
Amada Aleyda Angulo Rodríguez

Sexto semestre





DIRECTORIO

Dr. Víctor Antonio Corrales Burgueño
Rector

DR. José Alfredo Leal Orduño
Secretario General

LAE y MA Manuel de Jesús Lara Salazar
Secretario de Administración y Finanzas

Q.F.B. Ofelia Loiza Flores
Director de Servicios Escolares

Dr. Armando Flórez Arco
Director de DGE

ECOLOGÍA y educación ambiental

UAS-DGEP

ECOLOGÍA y educación ambiental

Tercer año

1ª edición 2011.

1ª reimpresión 2011.

2ª reimpresión 2012.

© 2011. Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias
Academia Estatal de Biología
Circuito interior oriente s.n.
Ciudad Universitaria,
Culiacán, Sinaloa, México.
Cp.80010
Tel. 667-712-16-56, fax 712-16-53; ext. 111.
<http://dgep.uas.uasnet.mx>

Portada y formación:
Yeimy López Camacho
Irán U. Sepúlveda León

Cuidado de la edición:
Roberto Conrado Avendaño Palazuelos
Alma Rebeca Galindo Uriarte

Edición con fines académicos, no lucrativos

Presentación

Este libro de texto de Ecología y educación ambiental forma parte del proyecto de reforma del bachillerato universitario, en lo referente a la modernización y ambientalización del currículum escolar.

La ecología como rama de la biología, proveniente de la historia natural, que estudia las interacciones de los seres vivos con su medio ambiente vivo y no vivo, comprende entre sus facetas más importantes aquella que se encuentra relacionada con las poblaciones, incluida la humana. Partimos del hecho de que no hay actividad humana que no se relacione de manera directa o indirecta con la naturaleza. Las formas en que estas relaciones se manifiestan son complejas: las necesidades de sobrevivencia en los tiempos remotos, los asentamientos humanos, el uso y abuso de los recursos naturales y actualmente la destrucción de los ecosistemas por las prácticas agrícolas e industriales. Esta relación con la naturaleza cada vez se hace más crítica, dando como resultado que el género humano se posicione como dominador de la naturaleza.

Los avances de la sociedades se muestran en diversos aspectos como el de los grandes desarrollos urbanos, agrícolas, industriales y de transporte que tanto han impresionado a la humanidad y que le han hecho sentir las ventajas de la comodidad y de la automatización; sin embargo, no hay duda de que una de las actividades más importantes del ser humano durante el siglo XIX a la fecha es el avance científico y tecnológico que, de origen, ha producido los grandes logros en los satisfactores sociales y económicos, pero también, este desarrollo científico y sus aplicaciones tecnológicas pronto se vislumbraron como armas de doble filo, pues colocó a la humanidad ante grandes problemas que no se habían visto en esa magnitud en épocas anteriores.

Los cambios producidos por esos avances científicos, provocó la modificación en diversos grados de las condiciones habituales del entorno urbano y rural. En su avance productivo el ser humano comenzó a dominar fenómenos y procesos llegando a tener la sensación de dominio completo sobre la naturaleza. Sin embargo, esa sensación ilimitada de poder sobre la naturaleza ha conducido finalmente a la desertificación creciente del planeta Tierra y contaminación por sustancias químicas. Se pueden citar los problemas de los residuos sólidos, la producción de energía a partir de combustibles fósiles como el petróleo que ha causado agotamiento de los recursos naturales y calentamiento de la atmósfera, y problemas de agotamiento de recursos como es la deforestación, uso inadecuado del agua dulce, agotamiento de los suministros de agua, deterioro de la condición paisajística natural, y otros.

Los seres humanos han contaminado e incendiado zonas de la Tierra y provocado extinciones desde la antigüedad. La destrucción de hábitats en gran escala, el cambio

climático global y el aumento del consumo de bienes y servicios de la naturaleza son algunos problemas que han conducido a una verdadera crisis ambiental.

Si queremos saber cómo podemos enfrentar los problemas ambientales, es necesario entender, no sólo la situación del medio ambiente, misma que estamos viendo y en ella viviendo, sino también como lo ha sido desde sus orígenes y sus cambios a través de la historia de la humanidad. ¿Qué es lo que el humano ha estado haciendo para estar en la difícil situación ambiental en la que nos encontramos? Las modificaciones que hemos hecho a la Tierra tienen y tendrán una profunda influencia en el futuro de todos los seres vivos, y especialmente en las condiciones de vida de las futuras generaciones de nuestra propia descendencia.

En la historia de la humanidad, hay pocas cosas en las que nos ponemos de acuerdo, sin embargo, desde hace algunas décadas se ha llegado al consenso por parte de representantes de muchos países y se ha llegado a coincidir en lo siguiente: que las actividades humanas han socavado sistemas que sustentan la vida en lo general al alterar los equilibrios que la naturaleza tiene establecidos, y que la importancia básica de la biodiversidad que queda aún sobre la Tierra sigue sin estudiarse y sin cuidarse.

Creemos que todos necesitamos estudiar y aprender de nuestros orígenes y de nuestro desarrollo como especie en un medio ambiente determinado. De esta manera, aumentamos las posibilidades de elevar nuestra calidad de vida por la vía de desarrollar acciones efectivas para enfrentar una amplia gama de problemas ambientales que nos permitirán desarrollar y formar personas con conciencia a favor del medio ambiente.

La educación ambiental es un nuevo campo educativo que se ha ido desarrollando y concretando en diversas regiones del mundo. Educar para generar en el alumno una conciencia de armonía y respeto hacia la naturaleza de la cual somos parte ha existido desde la antigüedad pero no se había declarado como un campo concreto de la educación en lo general.

En México, hasta principios de la década de los ochentas del siglo XX, la educación ambiental inició su conformación y consolidación, entrando a formar parte de los proyectos educativos formales modernos en todos los niveles escolares.

El propósito fundamental al escribir este libro es exponer de forma sencilla y precisa lo que los científicos, ambientalistas y los grupos sociales han respondido acerca de los porqués del deterioro de las condiciones naturales del medio ambiente, además de explorar las implicaciones que el género humano ha tenido en este deterioro progresivo; todo esto enfocado a la búsqueda de lograr cambios en nuestras prácticas cotidianas presentes y futuras. Necesitamos aprender del pasado para poder dirigir el proceso cultural de forma que sea más benéfico para el futuro de la humanidad, del medio ambiente y, en general, de la naturaleza.

Los autores



Contenido

Presentación • 7

UNIDAD 1. Introducción a la educación ambiental

- Consideraciones generales • 15
- Elementos básicos de la problemática ambiental • 17
- La riqueza nacional • 19
 - México, país megadiverso • 20
- ¿Qué es la educación ambiental? • 25
- Historia de la educación ambiental • 26
- Actividades • 30



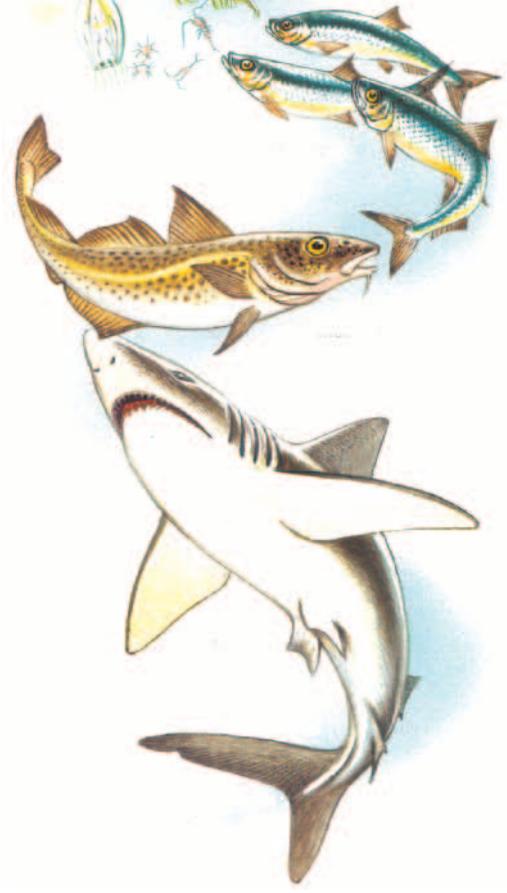
UNIDAD 2. La relación género humano y naturaleza

- Introducción • 35
- La aparición de los humanos: origen de la problemática ambiental • 39
 - De las musarañas arborícolas a los primates • 39
 - La aparición de los humanos modernos • 41
 - Primeras evidencias acerca de la extinción de grandes especies • 43
 - El papel fundamental del lenguaje • 46
 - La revolución neolítica • 46
- Deterioro del medio ambiente y los recursos en la antigüedad • 48
 - Los mesopotámicos, suroeste de Asia; de 3700 a 1600 a.C. • 49
 - Los griegos, Mediterráneo: del 770 al 30 a.C. • 51
 - Los romanos, Mediterráneo: del 500 a.C. al 500 d.C. • 52
 - Los anasazis del cañón del Chaco: del 700 al 1300 de nuestra era • 54
 - Los mayas, América Central: del 200 al 900 de nuestra era • 55
- Historia ambiental de México • 57
 - La agricultura • 60
 - Época minera y agropecuaria • 61
 - Industrialización de México • 64
- Actividades • 68



UNIDAD 3. Relaciones ecológicas

- La biósfera ● 71
 - Ecosistemas ● 71
 - Nicho ecológico ● 72
- El ambiente físico ● 72
 - Clima ● 72
 - Temperatura ● 73
 - Latitud ● 73
 - Altitud ● 74
 - Suelo y minerales ● 75
 - Luz ● 76
 - Agua ● 76
- Biomás ● 77
 - Biomás terrestres ● 77
 - Selvas tropicales ● 77
 - Desiertos ● 78
 - Chaparral ● 79
 - Pastizales o praderas ● 79
 - Bosque de coníferas ● 80
 - Taiga ● 80
 - Tundra ● 81
 - Biomás acuáticos ● 81
 - Bioma marino ● 81
 - Zonas marinas ● 82
 - Estuarios ● 83
 - Biomás de agua dulce ● 84
 - Agua en movimiento ● 84
 - Agua quieta ● 84
 - Humedales ● 85
- Energía y materia en el ecosistema ● 86
 - Niveles tróficos ● 87
 - Productores ● 87
 - Consumidores ● 87
 - Descomponedores ● 88
 - Cadenas y redes alimenticias ● 89
 - Pirámides ecológicas ● 90
- Los ciclos en el ambiente ● 92
 - Ciclos biogeoquímicos ● 92
 - Ciclo del agua ● 92
 - Ciclo del carbono ● 93
 - Ciclo del nitrógeno ● 94
 - Fijación del nitrógeno ● 95
 - Nitrificación ● 95



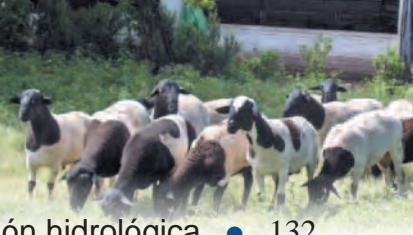
- Amonificación ● 95
- Desnitrificación ● 96
- Alteración de los ciclos biogeoquímicos ● 96
 - Lluvia ácida ● 96
- Interacciones en las comunidades ● 98
 - Competencia ● 99
 - Depredación ● 100
 - Simbiosis ● 100
 - Parasitismo ● 100
 - Comensalismo ● 100
 - Mutualismo ● 101
- Sucesión ecológica ● 102
 - Sucesión primaria ● 102
 - Sucesión secundaria ● 104
 - Comunidades climax ● 104
- Actividades ● 105

UNIDAD 4. La globalización de los problemas ambientales: Destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global

- Introducción ● 109
- Destrucción progresiva de la capa de ozono ● 109
 - El ozono en la naturaleza ● 109
 - Agresión humana a la capa de ozono ● 110
 - ¿Cómo se ha destruido la capa de ozono? ● 111
- Calentamiento global ● 113
 - El efecto invernadero ● 113
 - Consecuencias del calentamiento global ● 116
 - Efectos sobre la biodiversidad ● 116
 - México ante el cambio climático ● 117
- Actividades ● 120

UNIDAD 5. Problemas ambientales nacionales

- Introducción ● 123
- Alteración de la vegetación ● 124
 - Fuego ● 126
 - Tala de bosques ● 127
 - Impacto en la biomasa energética ● 128
 - Pastoreo ● 128
- Erosión ● 129
 - Desertificación ● 130



- Alteración hidrológica ● 132
- Litorales ● 133
- Contaminación del agua ● 133
- La conservación ● 135
 - Áreas protegidas ● 136
 - El aprovechamiento de los recursos ● 137
 - Conservación de la biodiversidad ● 140
- Actividades ● 142



UNIDAD 6. La situación ambiental de Sinaloa

- Introducción ● 145
- Algunas comunidades vegetales ● 149
- Las plantas originarias de Sinaloa ● 151
- Plantas aclimatadas ● 152
 - Actividades que dañan la flora de nuestro estado ● 152
- La fauna en Sinaloa ● 154
 - Amenazas que enfrenta la fauna en Sinaloa ● 157
- Actividades ● 158



UNIDAD 7. Legislación ambiental

- Introducción ● 161
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la protección del ambiente ● 161
 - Acontecimientos y disposiciones que han contribuido a promulgar leyes ambientales y los cambios necesarios para hacer cumplir esas leyes ● 162
- Normas Oficiales Mexicanas para la protección ambiental ● 165
- Las competencias en materia ambiental ● 165
 - A nivel federal ● 165
 - A nivel estatal ● 166
 - A nivel municipal ● 168
- Actividades ● 170



- Actividades de laboratorio ● 171
- Bibliografía ● 187
- Ilustraciones ● 195





UNIDAD 1

INTRODUCCIÓN A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Consideraciones generales

Los avances de las sociedades se muestran en diversos aspectos como el de los grandes desarrollos urbanos, agrícolas, industriales y de transporte que han impresionado a la humanidad y le han hecho sentir las ventajas de la comodidad y de la automatización. No hay duda que una de las actividades más importantes del ser humano desde el siglo XIX a la fecha es el avance científico y tecnológico que ha producido los grandes logros en los satisfactores sociales y económicos. Este desarrollo científico con sus aplicaciones tecnológicas pronto se reconocieron como armas de doble filo, pues colocó a la humanidad ante grandes problemas que no se habían visto en esa magnitud en épocas anteriores. Por un lado el género humano aparece como dominador, pero por el otro, la naturaleza se niega a los ajustes que le impone la humanidad, es decir, existen factores naturales que se resisten a la lógica actual del progreso humano y es donde surgen las dificultades como la aparición de nuevas enfermedades y de otras que se suponía controladas, agotamiento de suelos agrícolas, resurgimiento de plagas agrícolas, calentamiento del clima global y el agotamiento de los recursos naturales ha conducido a la pérdida de bienestar y salud y a la desaparición de la comodidad. Resultando que el progreso científico y tecnológico, el bienestar de las sociedades industrializadas y el deterioro del medio ambiente están profundamente relacionados.

Los cambios producidos por esos avances científicos provocó la modificación en diversos grados de las condiciones habituales del entorno urbano y rural. En su avance productivo el ser humano comenzó a dominar fenómenos y procesos llegando a tener la sensación de dominio completo sobre la naturaleza. Sin embargo, esa sensación ilimitada de poder sobre la naturaleza ha conducido finalmente a la desertificación creciente del planeta y la contaminación por sustancias químicas que dañan o pueden dañar la salud de los habitantes del medio rural. Se pueden citar los problemas de los residuos sólidos más conocidos como basura que es un grave problema a nivel municipal o local, pero, a la vez, a nivel mundial. La producción de energía a partir de combustibles fósiles como el petróleo que ha causado agotamiento de los recursos naturales y calentamiento de la atmósfera, y problemas de agotamiento de recursos como es la deforestación, uso inadecuado del agua dulce, agotamiento de los suministros de agua, deterioro de la condición paisajística natural, y otros que podemos identificar en nuestro entorno.

La gravedad de los problemas ambientales nos obliga a reflexionar acerca de ellos y poco a poco se ha ido pasando de la preocupación individual a la colectiva gestando así un movimiento social con propósitos claros acerca de determinar las repercusiones que en la sociedad tienen los problemas ambientales y se han avocado a la búsqueda de soluciones. Se han organizado grupos que intentan lograr cambios en la conciencia de la sociedad, de buscar nuevas relaciones de los individuos con su entorno y con la

naturaleza. Muchas de estas situaciones nos llevan a reflexiones que tienen que ver con la búsqueda de opciones plausibles para alejarse de los modelos de sobreexplotación de la naturaleza y del planeta. Diversos foros han llegado a conclusiones que el sistema educativo es una de las opciones más cercanas y quizás eficientes para concretar las posibilidades de cambiar el estado de las deterioradas condiciones ambientales.

Un problema social que al reconocerse como tal se transforma en un reto para la educación que hoy debe lograr superar las ausencias y omisiones del pasado en lo que se refiere al estudio minucioso de la histórica relación del género humano con la naturaleza, a nivel individual y colectivo. La educación entra en un verdadero problema de existencia cuando repentinamente se le pide lograr cambios en las conductas generalizadas de niños, jóvenes y adultos. La sociedad vislumbra en los procesos educativos la posibilidad de lograr los cambios de conciencia que se han estado requiriendo para reestablecer la armonía entre las acciones del género humano con su medio ambiente inmediato y lejano que, significan un verdadero cambio material de los modos de vida en cualquier sociedad; este cambio es radical pues en la relación género humano-naturaleza históricamente, el ser humano se coloca como dominador de la naturaleza cuando en realidad sólo es parte de ella.

Este nuevo campo que emerge en la esfera de la educación inicia como un simple objetivo de reconstruir armoniosamente la relación humana con la naturaleza. Ese camino se hizo difícil pues conduce a una contradicción entre los propósitos educativos y las actividades económicas y sociales que son los que dan origen a los daños ambientales y que sin embargo, no son reconocidas dadas las necesidades de una sociedad de desarrollarse materialmente en función de la explotación o incluso, de la sobreexplotación de los recursos naturales. Es claro el dominio de los intereses sociales de todo tipo que han llevado al deterioro del ambiente. Es muy difícil desarrollar una educación ambiental de frente a políticas nacionales o locales que dan la espalda a las propuestas ambientalistas, pero incluso, aún cuando estemos en un país o en una región donde exista un apoyo oficial a este campo educativo las dificultades se pueden dar por motivos de enfoques o de conflictos de intereses económicos con los grupos productivos. Entre los sectores de la sociedad que han impulsado una nueva forma de educar para el ambiente se han reconocido muchos grupos ambientalistas a nivel mundial, nacional y local. Los nombres de algunos de estos grupos son reconocidos pues forman parte de organizaciones no gubernamentales, incluso, algunas de ellas son oficiales.

La problemática ambiental en Sinaloa es compleja, sin embargo los problemas ambientales pueden ser identificados fácilmente. En Sinaloa hay verdaderos casos de perturbación de las condiciones naturales del medio. Es del dominio público el caso del desarrollo urbano Tres Ríos y la isla Musala, donde se destruyeron varios ecosistemas silvestres y que son proyectos de gran especulación y exageradas ganancias para quienes se apropiaron de nuestras áreas silvestres de Culiacán. Otros ejemplos son la tala de bosques, que en Sinaloa, según cálculos, llegan a ser alrededor de las 20 mil hectáreas por año y sus efectos en la desertificación y la pérdida de especies vegetales y animales; la destrucción de humedales y manglares del sur de Sinaloa. En el sur de Sinaloa se ha denunciado la destrucción de los humedales en diversos lugares, entre ellos Teacapán, como ecosistemas representativos, para iniciar desarrollos

turísticos en gran escala que nadie, en términos individuales y colectivos, puede detener. Estos son unos pocos ejemplos que nos sirven como muestra de la problemática ambiental que existe en Sinaloa.

Elementos básicos de la problemática ambiental

Entre los principales retos que enfrenta la humanidad está la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de las sociedades, conservando, al mismo tiempo, los recursos naturales y manteniendo los procesos ecológicos que sustentan la vida en el planeta. Esas son las metas más generales del llamado desarrollo sustentable.

No hay actividad humana que no se relacione con la naturaleza. Por eso, el género humano ha dejado su huella en la historia del mundo, pero ha sido una huella de modificaciones del ambiente; desde el cambio en los ecosistemas y en el paisaje desde tiempos remotos, ya sea para satisfacer necesidades de sobrevivencia, o para asentar a sus poblaciones o para controlar y hasta poner de nuestro favor a los fenómenos naturales.

La problemática ambiental que estamos viviendo tiene su origen en el encuentro de los seres humanos modernos con la naturaleza. El humano, de pronto se dio cuenta de la enorme riqueza de recursos naturales y de los vastos territorios que le hicieron pensar que existían grandes posibilidades de explotación de tantos recursos supuestamente ilimitados y que permitirían, a la postre, la expansión y dominio económico de algunas regiones. Al pasar de los años, muchos de esos recursos y riquezas hicieron notar que su disponibilidad es completamente limitada, y peor aun, la naturaleza misma nos ha mostrado que todas las actividades que el ser humano realice en su desarrollo económico e industrial, en cualquier espacio y tiempo y por el motivo que sea, altera las condiciones naturales de nuestro medio ambiente. Esto no es nuevo, pero sí, cada vez es más crítico.

La afectación de la naturaleza por la actividad del ser humano no siempre ha sido igual, así por ejemplo, en la antigüedad se realizaron obras hidráulicas por parte de los egipcios, construcción de canales por los aztecas, construcción de barcos con grandes cantidades de madera. Los fines eran de sobrevivencia, estéticos, comerciales, religiosos, incluso bélicos, pero la naturaleza no sufrió gran deterioro debido a ciertos factores como el hecho de la baja densidad de población que no representaba una amenaza real para el planeta. Tómese en cuenta que los adelantos tecnológicos eran poco desarrollados y no destruían nuestros recursos con mucha rapidez. Además, no existía un modelo económico basado en la sobreproducción de artículos de consumo para lograr ganancias, esto es, el modelo de producción de grandes capitales a costa de la explotación de nuestros recursos naturales. Pero lo más importante es que en la antigüedad el humano se consideraba a sí mismo como parte de la naturaleza y mostraba una actitud individual y colectiva de respeto hacia ella.

Los tiempos han cambiado y la humanidad ha mostrado cambios sustanciales en su actitud hacia la naturaleza, fundamentalmente a partir de la consolidación de la "Revolución Industrial". Se sustituyó la forma en que el ser humano se concebía como parte de la naturaleza, por otra en la que se separa de ella y se asume como su dominador. Con tantos instrumentos tecnológicos y armas destructivas coloca a la

naturaleza en una condición de fragilidad. El conocimiento acerca de la naturaleza y de lo que en ella existe, y de que no es nada difícil quitárselo, apropiárselo y venderlo, nos ha llevado a afectar los delicados equilibrios que permitieron durante muchas épocas la formación, sostenimiento y reproducción de la vida, no sólo de la humanidad, sino de todas las formas vivientes del planeta.

Así, por ejemplo, desde hace más de un siglo, ya se daba la explotación de algunos ecosistemas terrestres, así como también ya se mostraban problemas urbanos como la contaminación atmosférica de las grandes ciudades. La población mundial sigue creciendo y algunos sectores de la población, fundamentalmente los ricos, han agravado muchos de los problemas originales que han pasado de ser problemas meramente locales a problemas mundiales o globales, como es caso del adelgazamiento de la capa de ozono, el efecto invernadero y otros muchos más.

En el escenario mundial, se reconocen de manera muy general cuatro factores responsables de la problemática ambiental que tienen vigencia a nivel regional y local. José Sarukhán los ha enumerado en el siguiente orden.

- El primero, es el crecimiento de la población. Según informes del Population Reference Bureau, arribamos al año 2011 con poco más de 6 mil 900 millones de habitantes, a nivel planetario.
- El segundo factor es el impacto que tiene cada una de las poblaciones humanas sobre los recursos del planeta. Cada individuo demanda recursos para su subsistencia, entre esos recursos están aquellos que producen energía como el petróleo y otros energéticos de origen vegetal o geotérmicos. Se calcula que cada año consumimos y desechamos hacia la atmósfera poco más de una tonelada de carbón por persona.
- El tercer factor es la creciente concentración de la población en zonas urbanas. Aproximadamente, 50% de la población mundial habita en grandes ciudades, con los problemas derivados de contaminación, ruido, basura, hacinamiento, que conducen a un deterioro de la calidad de vida.



Figura 1.1. Alta concentración de población y producción de grandes cantidades de basura en la ciudad de México.

- Un cuarto factor es la globalización de los problemas ambientales. La generalización de los sistemas de transporte aéreo y de los medios de comunicación, seguido de un incremento en las conductas consumistas han tenido efectos en el hecho de que la contaminación ambiental y los problemas urbanos, así como la modificación y el uso irracional de ecosistemas terrestres, alcanzan una escala global.

La riqueza nacional

México cuenta con una diversidad biológica o biodiversidad excepcionalmente rica y variada y además existe una diversidad cultural sorprendente. En el país se hablan, además del español, cuando menos 62 idiomas indígenas, haciendo una nación pluricultural y multilingüista.

Biodiversidad se define como la totalidad de genes, ecosistemas y especies de una región. Y por lo regular se estudia en esos tres niveles de organización: el genético, el de especies y el ecológico. La diversidad genética se refiere a la variabilidad de los genes en las poblaciones de organismos que tiene como consecuencia la variación de características como el color de las flores en plantas. La diversidad ecológica se refiere a las distintas relaciones que mantienen los seres vivos con su ambiente. México al poseer una gran variedad de ecosistemas (selvas tropicales, desiertos, bosques de pinos, etc.) tiene una mayor diversidad ecológica que otros países que solo cuentan, por ejemplo, con selvas. La diversidad de especies se refiere al número de especies diferentes que habitan en

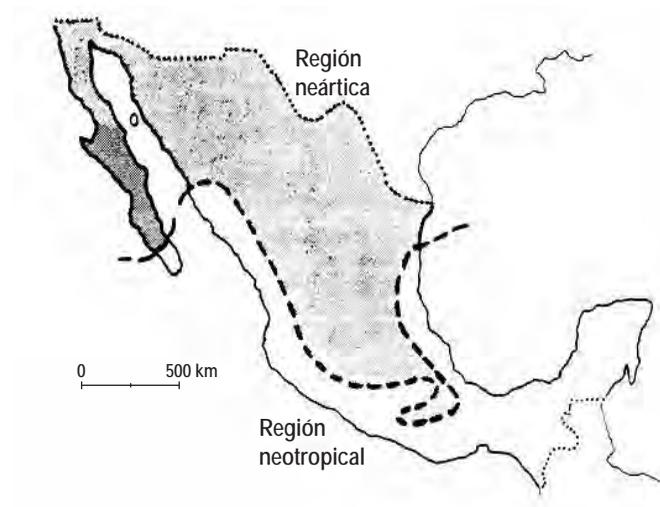


Figura 1.2 Dibujos que nos muestran como se ponen en contacto en el sur de México las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical. Lógicamente, los estados con mayor biodiversidad se encuentran en esta zona, siendo Oaxaca el más rico, seguido de cerca por Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán.

una región o coexisten en un área en particular. Por lo regular para medir la biodiversidad en una región los biólogos utilizan generalmente sólo la diversidad de especies.

Las causas de tan extraordinaria riqueza y diversidad biológica se pueden encontrar en la combinación de factores tales como la intrincada topografía y la gran variedad de climas encontrados en su territorio que precisamente se encuentra en la zona de transición de dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical, que lo conforman como un corredor entre el mundo tropical de Centroamérica-Caribe y el subtropical-templado de Norteamérica. México, entonces, es el lugar donde se combinan especies del norte y del sur de América, dando como consecuencia una diversidad de condiciones ambientales que permiten la existencia de una de las floras y faunas más ricas del planeta.

La extensión territorial es de casi dos millones de kilómetros cuadrados, contando con litorales costeros que suman los 10 mil kilómetros. Las lagunas costeras juntan un área de 12 mil 500 kilómetros cuadrados. En el país se encuentran todos los paisajes naturales que se conocen en el planeta; cuenta con 45 tipos diferentes de vegetación que conforman 5 grandes zonas ecológicas terrestres. En sus extremos encontramos los verdaderos desiertos con lluvias menores a los 500 milímetros (mm) al año, hasta las selvas y pantanos donde la lluvia siempre excede a los 5 mil mm al año, pasando por los bosques de pino, de abeto, mixtos y tropicales; además de los pastizales, humedales, sabanas, manglares, entre otros.

México, país megadiverso

Aunque existen más de 170 países en el mundo sólo 17 de ellos poseen entre el 66 y 75% de la biodiversidad global y por esta razón reciben el nombre de megadiversos. Estos países comparten una serie de atributos tales como una gran diversidad ecológica y el poseer selvas tropicales o ecosistemas marinos, o ambos, y también que muchas



Figura 1.3 Distribución de los países megadiversos en el mundo.

de sus especies son endémicas, es decir, que sólo existen en sus territorios. De este conjunto de países destacan Brasil, Indonesia, Colombia, México y Australia como los cinco con mayor diversidad biológica del mundo.

México se ubica en el cuarto lugar mundial, dado que a lo largo y ancho del país se ha estimado que existen entre 25 mil y 30 mil especies de plantas superiores y cerca de 2 400 especies de vertebrados terrestres. Y qué decir de las aves, se reconoce la presencia de 1 107 especies, cantidad superior a las que existen en Estados Unidos y Canadá juntos. Y por si fuera poco, en territorio mexicano habitan aproximadamente 530 especies de mamíferos, 804 de reptiles y 361 de anfibios. A nivel mundial México ocupa un segundo lugar en diversidad de reptiles y un tercer lugar en diversidad de mamíferos. Observa la tabla 1.1 que muestra el lugar que ocupa cada grupo con respecto a otros países megadiversos.

También México es el lugar más importante para muchas especies migratorias como la mariposa monarca la cual viaja desde el sur de Canadá, aproximadamente 4 mil kilómetros, para llegar a los bosques de los estados de México y Michoacán a hibernar y reproducirse. La ballena gris también viaja unos 10 mil kilómetros desde el Ártico para arribar a las bahías de la península de Baja California Sur, donde unas se aparean y otras dan a luz.



Figura 1.4 México es un país rico en aves, reptiles y anfibios. Aquí se muestran algunas especies de aves mexicanas como el tucán y la guacamaya roja, ambas en peligro de extinción.



Fig. 1.5 Anfibios una rana y un ajolote y entre los reptiles esta una víbora de cascabel, una iguana verde, un lagarto topo y un camaleon.

Tabla 1.1 Posición de México con respecto a otros países megadiversos.

País	Plantas vasculares	Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios
Lugar de México	5°	3°	8°	2°	5°
<i>Brasil</i>	56215	578	1712	630	779
<i>Colombia</i>	48000	456	1815	520	634
<i>China</i>	32200	502	1221	387	334
<i>Indonesia</i>	29375	667	1604	511	300
México	23424	535	1107	804	361
<i>Venezuela</i>	21073	353	1392	293	315
<i>Ecuador</i>	21000	271	1559	374	462
<i>Perú</i>	17144	441	1781	298	420
<i>Australia</i>	15638	376	851	880	224
<i>Madagascar</i>	9505	165	262	300	234
<i>Congo</i>	6000	166	597	268	216



Figura 1.6 La mariposa monarca adulta es un hermoso insecto de alas color naranja con líneas negras. Esta considerada patrimonio de la humanidad ya que la migración que realiza es única en el mundo.

Otras especies como las tortugas marinas llegan a los litorales mexicanos a desovar. De las 8 especies que existen en el mundo, 7 llegan a nuestras playas. En 1986 se decreta a ciertas playas mexicanas como zonas de reserva para la protección de la anidación.

La información que aquí presentamos nos puede llenar de orgullo, pero la verdad es que además de ello, significa que debemos asumir un fuerte compromiso para conservar toda esa riqueza biológica y cultural en la que vivimos. Desgraciadamente, en México desde hace muchos años, por decir desde la época de la Colonia Española, empezó un proceso de perturbación de las condiciones naturales de nuestros ecosistemas y recursos.

En las últimas décadas, se ha hecho crítico el deterioro de nuestras condiciones naturales. Genaro Correa Pérez ha enlistado los problemas más serios y más conocidos que hemos ocasionado entre todos los mexicanos (y muchos extranjeros) son los siguientes:

- La deforestación de millones de hectáreas de selvas y bosques; la desecación de pantanos, esteros y marismas; la contaminación del suelo, del aire y del agua.

- Destrucción de hábitats como consecuencia del crecimiento de las ciudades y también de las zonas ganaderas y agrícolas.
- Resultado de estas acciones humanas: están en peligro de extinción mil especies diferentes de plantas, entre ellas muchas cactáceas, 123 especies de aves, 77 de mamíferos, 35 de reptiles y 40 especies de peces de agua dulce.
- Erosión de suelos. Entre 40 y el 60% del territorio nacional tienen problemas de erosión severa, que conducen a problemas como la reducción en la productividad agrícola.
- Arrasamiento de las selvas tropicales húmedas. Existían 10 millones de hectáreas de este tipo de selvas, hoy sólo quedan un millón en Chiapas, Oaxaca y Veracruz.
- Contaminación de la red hidrológica del país por los desechos urbanos y de industrias como la azucarera, química, papel, petróleo, textil y del acero. En el país existen 34 cuencas hidrológicas; once de las más importantes están contaminadas.
- La sobreexplotación de los mantos acuíferos ha dado como consecuencia el ensalitrado de los suelos, inutilizando, a la fecha, poco más de medio millón de hectáreas.
- 200 mil hectáreas de bosque anualmente se pierden a causa de los incendios forestales.



Figura 1.7 Tortuga marina. En Sinaloa, la playa de Ceuta es considerada a nivel nacional una de las playas más importantes en anidación de la tortuga golfina. Otras que llegan a nuestras playas son la tortuga prieta, laúd y carey.



Figura 1.8 Los desiertos mexicanos albergan la mayor variedad de cactáceas del mundo, muchas de las cuales son endémicas. Estas plantas son originarias del continente americano y de las 1 500 especies descritas, en México encontramos 600.

¿Esto es nuevo? Claro que no.

Si revisamos un poco la historia de México, nos daremos cuenta que siempre han existido yacimientos de plata, hierro, azufre y sal, y según nos dice Angel Bassols Battalla, en la época de la Colonia lo que atrajo a los conquistadores fue la abundancia de metales preciosos como la plata y el oro que por siglos fueron enviados a España. La economía del virreinato se basó en la minería de Guanajuato, Zacatecas, Taxco y Real del Monte. No conformes con esto, los aventureros españoles talaron los grandes bosques que cubrían las montañas cercanas a los centros mineros y también se empezaron a utilizar en agricultura los suelos de los valles de Puebla, Toluca, Cuernavaca, Veracruz, Michoacán y las tierras altas de Jalisco, Oaxaca y Zacatecas.

La Revolución Industrial prácticamente no llegó pronto a nuestro país, y no fue sino hasta finales del siglo XIX cuando comenzó la explotación minera del cobre, plomo, zinc, carbón mineral, petróleo y hierro, surgiendo nuevas regiones mineras como Parral, Cananea y Nueva Rosita, mientras que los anteriores centros mineros de la Colonia se habían agotado. Comienza la época de las grandes compañías extranjeras y del crecimiento del capitalismo en México.

Durante el porfirismo, se aumenta la escala de utilización de los recursos naturales, aumenta la población y la emigración hacia las grandes ciudades. Se exporta a los Estados Unidos en forma creciente y se abren nuevas zonas de cultivo como Guerrero, Durango, Sinaloa, Coahuila y Tamaulipas.

A partir de la época posrevolucionaria, es decir, de 1925-1935, se posibilita el desarrollo más acelerado del capitalismo privado y estatal en los siguientes órdenes:

La Reforma Agraria, que dio pie a la apertura de nuevas regiones a la agricultura, tal es el caso del Norte, Noroeste y Noreste. Que muchas de estas fueron transformadas en pastizales, dando lugar al aumento de la ganadería. Siguen la misma suerte algunos lugares tropicales como Chiapas y Veracruz, destruyendo recursos naturales boscosos y selváticos.

Otros cambios surgieron a partir de la segunda guerra mundial, por ejemplo, el aumento en el uso de la energía. Recordemos la expropiación del petróleo en 1938, que significa el uso, a gran escala, del energético básico necesario para desarrollar programas económicos como la industrialización, el desarrollo de los transportes marítimos, terrestres y aéreos, y el desarrollo de las ciudades.

Aunado a lo anterior, se presenta el aumento de la necesidad del agua. Toda actividad urbana, industrial o agrícola requiere de grandes cantidades de agua, conduciendo a otros problemas como el agotamiento de los mantos acuíferos y la contaminación de las cuencas hidrológicas que ya hemos señalado. Así es como hemos llegado a una situación donde los problemas que dejan atrás el supuesto adelanto económico y tecnológico del país conforman una verdadera crisis ecológica o, mejor dicho, ambiental. También nos daremos cuenta que los responsables del deterioro actual, asociados con los grandes capitales mundiales, los podemos encontrar protegidos por la impunidad que logran con el poder que le dan sus riquezas o por el poder político. Ninguno de ellos reconoce el deterioro y el agotamiento de los recursos naturales que causaron al explotar nuestros recursos, solamente se dedican a indicar que a la contaminación

y otros problemas del ambiente, por medio del uso novedoso de nuevas tecnologías, se les encontrará solución.

¿Qué es la educación ambiental?

Actualmente, es frecuente que en los medios de comunicación se hable de la educación ambiental, incluso en la escuela oímos hablar de este tema con recurrencia. Ahora bien, no todos tenemos el mismo concepto de educación ambiental. Por ejemplo, se han ofrecido algunas conferencias al respecto y en ellas se ha hablado de cosas importantes desde el punto de vista ambiental, pero también se han mostrado profundas carencias en el dominio de los conceptos elementales del tema en cuestión, desde que poner botes de basura en las calles es educación ambiental, hasta afirmar que los aparatos que miden la cantidad de partículas de polvo suspendidas en el aire son parte de los programas de educación ambiental. También se ha dicho que los biólogos son educadores ambientales por excelencia. Estas y otras apreciaciones, que no son del todo correctas, nos motivan a hacer algunas reflexiones sobre esta problemática.

Hasta hace algunos años no existía la preocupación de cuidar el medio ambiente; las primeras referencias generalizadas las encontramos aproximadamente a partir de la década de los sesentas, cuando se empezaron a escuchar con mayor frecuencia voces de rechazo a la destrucción de los recursos naturales y al creciente deterioro de las condiciones de vida por la contaminación en las ciudades, en los campos agrícolas y en las áreas industriales con los consecuentes efectos en el suelo, el agua y el aire. Esto no quiere decir que hasta entonces se presentaran los problemas ambientales, sino que en realidad no eran considerados verdaderos problemas.

Los reclamos a partir de esas fechas fueron hechos en distintos lugares del mundo, fundamentalmente por organizaciones civiles no gubernamentales que finalmente tuvieron eco a nivel internacional a partir de 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo. En lo sucesivo se han realizado eventos internacionales que han tenido entre sus propósitos lograr que la educación ambiental sea institucionalizada dentro y fuera de las escuelas de todos los países del mundo.

En México, la educación ambiental se adoptó institucionalmente con varios años de retraso. Esto lo demuestra el hecho de que en las décadas de los 70s y 80s se hayan creado sistemas escolares como las Preparatorias Populares, los CCH, COBACH, Bachillerato Pedagógico de la Normal, CONALEP y CECYT, que no incluían en sus planes de estudio a la educación ambiental. Estamos hablando de que México incorpora la educación ambiental y con poco impulso, hasta principios de la década de los 90s.

Dicha incorporación de la educación ambiental en las escuelas y en los programas del gobierno ha sido parcial, siendo los problemas ambientales un problema derivado de la acción colectiva de la población humana sobre la naturaleza. No se ha querido reconocer como un problema de la sociedad que como tal también debería estar a cargo de la sociología. Sin embargo, se ha insistido en limitarlo como un problema que tiene que ser estudiado y resuelto únicamente por los principios de las ciencias naturales, espe-

cíficamente de la ecología. Esta idea no es del todo correcta. Dada la complejidad que significa la relación sociedad-naturaleza, no son suficientes los alcances de la ecología para lograr los objetivos de una educación para conservar el ambiente. Los propósitos de la educación ambiental, fundamentalmente radican en la generación de una conciencia colectiva en niños, jóvenes y adultos de respeto y armonía hacia el medio ambiente. En otras palabras, la cuestión ambiental es un proceso formativo de nuevos valores y conductas, además de informativo.

En Sinaloa y en México no existe una amplia cultura de respeto al medio ambiente; generamos gran cantidad de basura y la tiramos en cualquier lugar; atacamos a cualquier especie animal o vegetal sin motivo alguno; contaminamos el agua y el suelo con aceites, detergentes y sustancias tóxicas como los plaguicidas; hacemos muchísimo ruido; derrochamos energéticos; usamos en exceso el automóvil y los aires acondicionados, contaminando y elevando la temperatura del aire.

De lo que no nos damos cuenta es que nosotros mismos somos los primeros perjudicados al afectar al ambiente de esa manera. Lo peor de todo es que no existe una eficiente reglamentación municipal, estatal y federal que verdaderamente impida que sigamos agotando los recursos naturales y deteriorando el ambiente y nuestras condiciones de vida. Ante esto, una verdadera alternativa es precisamente desarrollar un sistema educativo donde se reflexione acerca de la problemática ambiental, sus causas y sus posibles soluciones a escala regional, nacional y global, donde se generen nuevos valores éticos que nos lleven a armonizar nuestras actividades diarias y productivas con los procesos naturales de nuestro ambiente y de mejores condiciones de vida en el presente y en el futuro. Eso sería lo básico de la educación ambiental.

Historia de la educación ambiental

Los principios de la educación ambiental tiene sus orígenes a finales del siglo XIX y principios del XX con el surgimiento de la “escuela nueva”, la cual plantea establecer una relación de respeto con la naturaleza; entre otros autores de esta corriente se encuentran Ferrière, Freinet y Ferrer Guardia. El desarrollo de la escuela nueva como alternativa a la escuela tradicional permitió el desarrollo posterior de la educación ambiental.

El concepto de Environmental Education lo utilizó por primera vez en 1948 Thomas Pritchard. Pocos años después es cuando empieza a generalizarse el uso de este término para referirse a la educación a favor del medio ambiente.

En 1949 se desarrolló, a instancias de la UNESCO, un estudio internacional donde se mostraba preocupación por la problemática del medio ambiente y sus implicaciones educativas. En 1968, este mismo organismo promueve la educación ambiental con el “Estudio comparativo sobre el medio ambiente en la escuela”, donde se fijan algunos criterios sobre educación ambiental que serán base para posteriores formulaciones aceptadas internacionalmente. En ese mismo año, se crea el *Council for Environmental Education*, en Inglaterra. En 1971, se crea el Programa sobre el Hombre y la Biósfera (Programa MAB), que se declara como programa interdisciplinario de investigación que atribuya especial importancia al método ecológico en el estudio de las relaciones

entre la humanidad y el medio ambiente. La toma de conciencia transita desde el ámbito científico hasta el ciudadano común de todos los países, es hasta entonces cuando se hace referencia al término de Pritchard ya traducido: “educación ambiental”.

El acontecimiento más importante que marca universalmente el inicio de la educación ambiental es la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, la cual tuvo lugar en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972. La declaración se refiere a los diversos problemas causados por nuestra acción sobre el planeta, originando los diversos tipos de contaminación, alteraciones en los procesos ecológicos, agotamiento de los recursos, explosión demográfica, etc.

Concluye la Conferencia de Estocolmo con la concreción de 26 principios básicos, el más importante para nosotros es el N° 19, que dice:

“Es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos, y que preste la debida atención al sector de población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades, inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección mejoramiento del medio en toda su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio humano y difundan, por el contrario, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos los aspectos”.

A consecuencia de los acuerdos de la Conferencia de Estocolmo, surge en 1973 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), entre cuyos objetivos se encuentra el de apoyar programas educativos sobre el medio ambiente. Muy pronto este programa se encargó de establecer diferencias conceptuales entre los términos educación y formación ambiental. Así:

- La **educación ambiental** es considerada como aquella que se mueve en el ámbito escolar y no escolar, para proporcionar en todos los niveles y a cualquier edad, unas bases de información y toma de conciencia que desemboquen en conductas activas de uso correcto del medio ambiente.
- La **formación ambiental** es comprendida como una educación ambiental especializada en cuanto se dirige a un grupo de profesionales, funcionarios gubernamentales, planificadores urbanos, gestores que tienen a su cargo la toma de decisiones. El termino formación se usa como capacitación para una actuación social.

Una propuesta derivada de las conclusiones de la Conferencia de Estocolmo es la creación del Programa Internacional de Educación Ambiental, establecido en 1975, que comprendía entre sus objetivos el “promover el desarrollo y coordinación de trabajos de investigación que tiendan a una mejor comprensión de los objetivos, contenidos y métodos de la educación ambiental”.

El Seminario de Educación Ambiental de Belgrado organizado por la UNESCO, fue un evento realizado del 13 al 22 de octubre de 1975, y marca un avance importante en la reflexión sobre los problemas del planeta y la búsqueda de un marco internacional para el desarrollo de la educación relativa al medio ambiente.

Los debates del Seminario de Belgrado concluyeron con la elaboración de la “Carta de Belgrado”, misma que ha tenido gran trascendencia por el llamado a la humanidad para replantearse el concepto de desarrollo.

En esta carta se contemplan algunos conceptos:

- *Metas ambientales:*

“Mejorar las relaciones ecológicas, incluyendo las del hombre con la naturaleza y la de los hombres entre sí”.

- *Metas de la educación ambiental:*

“Lograr que la población mundial tenga conciencia del medio ambiente y se interese por él y por sus problemas conexos, y que cuente con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivaciones y deseos necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los problemas actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo”.

- *Objetivos de la educación ambiental:*

Conciencia: ayudar a las personas y a los grupos sociales a que adquieran mayor sensibilidad y conciencia del medio ambiente en general y de los problemas conexos.

Conocimientos: ayudar a las personas y los grupos sociales a adquirir una comprensión básica del medio ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en él, lo que entraña una responsabilidad crítica.

Actitudes: ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente, que les impulse a participar activamente en su protección y mejoramiento.

Aptitudes: ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir las aptitudes necesarias para resolver los problemas ambientales.

Capacidad de evaluación: ayudar a las personas y a grupos sociales a evaluar las medidas y los programas de educación ambiental en función de los factores ecológicos, políticos, económicos, sociales, estéticos y educacionales.

Participación: ayudar a las personas y grupos sociales a que desarrollen un sentido de responsabilidad y a que tomen conciencia de la urgente necesidad de prestar atención a los problemas del medio ambiente, para asegurar que se adopten medidas adecuadas al respecto.

Otros eventos para el desarrollo de la educación ambiental han sido:

Conferencia intergubernamental de educación ambiental Tbilisi, 1977.

Es el acontecimiento más significativo en la Historia de la Educación Ambiental, se establecieron los criterios que han regido el desarrollo de este movimiento educativo en las décadas sucesivas.

Congreso Internacional de Moscú, 1987.

En este evento se acordó declarar la década de los noventa como la década mundial para la “educación ambiental”, estableciendo que los programas que se desarrollen en estos años deben dar énfasis a las relaciones entre la humanidad y la biosfera, en sus manifestaciones económicas, sociales, políticas e ideológicas.

Cumbre de Río de Janeiro, 1992.

La Cumbre de la Tierra, como también se le llamó, es el mayor encuentro de personas de toda índole interesadas en las cuestiones ambientales. En realidad, tuvieron lugar dos eventos separados: el de los jefes de gobierno de 160 países por un lado, y por otro, 15 mil personas de diferentes movimientos ambientalistas, algunos de ellos no gubernamentales, todos interesados en el avance de la conciencia ambiental. A este último se le llamó Foro Global Ciudadano de Río 92. Los resultados más visibles de la reunión de jefes de estado se concretan en la Declaración de Río, que tiene 27 principios interrelacionados.

En este evento se concretaron varios documentos, entre los cuales se encuentran la Agenda 21. En esta agenda se dedica el capítulo 36 al fomento de la educación, capacitación y la toma de conciencia; establece tres áreas de programas, que son: la reorientación de la educación hacia el desarrollo sostenible, el aumento de la conciencia del público, y el fomento a la capacitación.

Se firmaron, además, el convenio sobre conservación de la diversidad biológica; el convenio sobre cambio climático, donde se plantea como meta estabilizar las concentraciones de gases invernadero en la atmósfera a un nivel que evite efectos peligrosos; y el convenio sobre la desertificación para mitigar los efectos de la sequía. Se proclamó, en este convenio, al 17 de junio de cada año como Día Mundial de lucha contra la Desertificación y la sequía.

Algo quizás más importante fue lo que sucedió en el Foro Global, donde se aprobaron 32 tratados, uno de ellos se conoce como Tratado de Educación Ambiental hacia Sociedades sustentables y de Responsabilidad Global, el cual parte de señalar la educación ambiental como un acto de transformación social, contemplando a la educación como un proceso de aprendizaje basado en el respeto a todas las formas de vida (no sólo a la vida humana).

Actividades

1. Hay una serie de actividades humanas que nos permiten conservar las condiciones naturales del medio ambiente. Algunas de ellas están en el listado siguiente. ¿Participas en alguna de ellas? ¿En qué nivel?

Nunca (anota N)

Raramente (anota R)

A veces (anota A)

Frecuentemente (anota F)

Siempre (anota S)

- Produciendo menos basura _____
- Poniendo la basura en su lugar _____
- Reusando cosas útiles como los envases y empaques de regalos _____
- Usando lo menos posible el aire acondicionado _____
- Apagando focos y abanicos donde no se necesiten _____
- Ahorrando agua _____
- Usando transporte público _____
- Comprando productos con poco empaçado o empaque reciclado _____
- Respetando la vida de especies de animales y vegetales silvestres _____

2. ¿Qué es lo que piensas de la calidad del medio ambiente en el lugar donde vives?

- Está mejorando rápidamente ()
- Está mejorando paulatinamente ()
- Está deteriorándose rápidamente ()
- Está deteriorándose paulatinamente ()
- Ni se mejora, ni se deteriora ()

3. Después de estudiar la unidad 1 el profesor formará equipos de alumnos para que expongan en clase lo referente a los contenidos que se indican a continuación:

Equipo A

Antecedentes de la educación ambiental, ¿cómo, dónde y por qué surge?
 Describan de manera amplia en qué consiste la educación ambiental y cuáles son sus aportaciones al mejoramiento de las condiciones de vida del ser humano.

Equipo B

- ¿A quién va dirigida la educación ambiental?
- ¿Cómo se vincula la ecología con la educación ambiental?
- ¿Cuál es la diferencia entre una actividad ecológica y una de educación ambiental?
- ¿Cuál es el objetivo de la ecología?
- ¿Cuál es el objetivo de la educación ambiental?

4. Para reflexionar:

- Se calcula que para el año 2020 la población humana alcanzará los 8 000 millones de personas, lo que significa que en menos de 20 años la población humana se habrá multiplicado 1.3 veces. ¿Cómo te imaginas que se verán nuestras grandes ciudades para entonces? ¿Qué problemas se agudizarán y qué problemas nuevos anticipas que se presentarán?
- ¿Cuáles son tus hábitos de consumo actuales? Es decir, ¿qué productos compras y cuáles de estos productos son realmente necesarios? ¿Cómo podrías cambiar tus hábitos de consumo de tal manera que favorezcas un ambiente más limpio y mejor conservado?

5. ¿Qué sabe acerca de la biodiversidad?

Escriba una **V** en la afirmación que considere verdadera y una **F** frente a la que considere falsa.

- No se conoce el número total de especies. _____
- Más de la mitad de las especies del mundo viven en los bosques tropicales. _____
- Los científicos han identificado cerca de 10 millones de especies. _____
- El planeta tiene muchas más especies de las que necesita. _____
- Algunos hábitats tienen más especies que otros. _____

- La biodiversidad incluye a la diversidad genética, la de especies y la de ecosistemas. _____
- La diversidad biológica está más amenazada ahora que en ningún otro momento de los últimos 65 millones de años. _____
- La pérdida de bosques, humedales, pastizales y otros hábitats contribuye a la pérdida de biodiversidad. _____
- Muchas especies se han extinguido sin siquiera haber sido identificadas. _____
- Los arrecifes de coral son tan ricos en biodiversidad como los bosques tropicales. _____
- Muchas islas son el hogar para muchas especies que sólo ahí existen. _____
- Menos de 100 especies actualmente proveen al mundo de la mayoría de los alimentos. _____
- Los recursos biológicos de los países en desarrollo son potenciales fuentes de ingreso. _____
- Las dos causas más importantes de la pérdida de biodiversidad son el crecimiento de la población y el constante aumento en el consumo de los recursos naturales. _____
- Una vez que una especie está amenazada, está condenada a la extinción. _____



UNIDAD 2

LA RELACIÓN GÉNERO HUMANO Y NATURALEZA

Introducción

Los problemas que han surgido como consecuencia de la actividad humana sólo se han reconocido hasta en los últimos años, quizás no más de medio siglo, sin embargo la historia de la humanidad va acompañada en su relato por la destrucción de todo tipo de especies.

Las especies que en la actualidad viven, es decir, la biodiversidad actual ha sido estudiada desde los tiempos de Aristóteles. Se estima que de los millones de especies existentes sólo 1 millón 750 mil especies se han estudiado y catalogado, pero, aún más, de esta cantidad sólo un 5% puede considerarse bien conocido, y las relaciones ecológicas entre muchas de ellas continúa sin conocerse.

Lo que sí se sabe es que a nivel mundial están desapareciendo muchas especies aceleradamente. Edward O. Wilson afirma que diariamente desaparecen 100 o más especies.

Este ritmo de extinciones de especies hace recordar las tres grandes extinciones en masa catastróficas del pasado geológico. La primera extinción masiva se produjo en tierra y aguas superficiales hace

unos 250 millones de años y marcó el final del período Pérmico. Sus causas se ignoran en gran parte, sin embargo, se cree que fue producida por un lento cambio del clima y del nivel del mar ocurrido cuando las fuerzas de la deriva continental hicieron que los grandes continentes terrestres se fundieran en un supercontinente. Cuando los continentes se separaron ya había desaparecido más del 90% de las especies de la Tierra.

La segunda gran extinción se produjo hace unos 200 millones de años. En esa época la fauna terrestre estaba constituida por una mezcla de dinosaurios de reciente evolución, grandes



Figura 2.1 Los dinosaurios se extinguieron hace 65 millones de años, durante la tercera gran extinción.

animales parecidos a los cocodrilos y algunos reptiles parecidos a mamíferos. La mayoría de ellos desaparecieron junto con los arrecifes de coral y la mayor parte de los ammonites con concha. La causa de esta extinción fue una serie de catástrofes medioambientales que se fueron presentando durante poco menos de 100 mil años. Dos explicaciones como causas probables son las siguientes: la primera de ellas nos indica sobre una colisión con un meteorito de unos 5 a 10 mil metros de diámetro que dejó un cráter de más de 100 kilómetros de diámetro en la región de Québec en Canadá y la segunda es la erupción de grandes flujos de lava un poco al sur del Amazonas. Con cualquiera de las dos explicaciones científicas el resultado es el mismo, pues el clima del planeta se alteró produciendo fuertes efectos medioambientales que produjo una gran extinción de especies, sin embargo, los que sobrevivieron fueron los dinosaurios.

La tercera gran extinción masiva, quizás la más estudiada, tuvo lugar hace 65 millones de años. Ya no se pudieron salvar los dinosaurios y tampoco cientos de miles de especies acuáticas y terrestres. Los cambios climáticos y la variación en el nivel del mar fueron



Figura 2.3 Un tsunami es una ola o grupo de olas de gran energía y tamaño causadas en su mayoría por terremotos.



Figura 2.2 Cometa entrando a la atmósfera terrestre.

el prelude, pero en realidad, el evento drástico se dio cuando un asteroide o cometa gigante de 10 km de diámetro, chocó con la superficie de la Tierra cerca de la península de Yucatán. La colisión produjo en los primeros días el incendio de los bosques en la mayor parte de la Tierra acompañados de tsunamis y grandes emisiones de gases. Todo esto produjo oscuridad durante meses.

Millones de toneladas de tierra y escombros salieron disparados al aire impidiendo el paso de la luz solar. En mar y tierra el resultado fue la muerte de las plantas y de los animales que se alimentaban de ellas. Peter D. Ward, en *The end of evolution* reporta el cálculo de la desaparición de más del 50% de todas las especies del planeta.

En los 65 millones de años transcurridos desde la desaparición del último dinosaurio, las especies supervivientes y sus descendientes se han multiplicado resultando una gran diversidad de formas vivientes. Todo estaba bien hasta la aparición de los seres humanos, específicamente *Homo sapiens* hace unos 130 mil años que inició una nueva crisis comparable a una extinción masiva de especies, significando la desaparición propiamente de muchas especies por acción directa del ser humano o por acciones en la destrucción de los medios naturales de vida y otras actividades que han conducido al calentamiento global de la Tierra, a los agujeros de la capa de ozono, a la erosión generalizada de los suelos, desertificación creciente, altos niveles de contaminación por el uso, abuso y persistencia de sustancias tóxicas y últimamente, el desarrollo y dispersión de organismos genéticamente modificados. El oxígeno que respiramos, la acumulación de suelo fértil para la agricultura, la regulación de los climas y la existencia de ciclos biogeoquímicos, de todo lo cual dependemos absolutamente para el mantenimiento de nuestras sociedades humanas, se lo debemos a la delicada capa viva (biosfera) que cubre nuestro planeta.

Los grandes avances de la ciencia y la tecnología nos han hecho pensar erróneamente que cada vez podemos estar más separados de la naturaleza sin daño alguno, pero tenemos que recordar que el ser humano es parte de la naturaleza no su dominador, y la ciencia y el potencial del dinero con el que tanto nos impresionan algunos países, no han permitido, ni siquiera, sustituir la humilde labor de las algas microscópicas y los árboles que nos dan el oxígeno que respiramos.

El Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente, en 1982, declaró que “Cada especie y cada ecosistema añaden riqueza y belleza a la vida sobre la Tierra”. Cada especie es única y tiene derecho a existir. Todas son merecedoras de respeto, independientemente de su valor económico para los seres humanos”

En 1991, en los Estados Unidos se aprobó la Ley de especies en peligro donde se establece que toda especie animal o vegetal “tiene un valor estético, ecológico, educativo, histórico, recreativo y científico para la nación y sus habitantes”.



Figura 2.4 El calentamiento global del planeta está causando el deshielo de los témpanos en el Polo Norte, que ocasiona a su vez que muchos osos polares mueran ahogados.

Es coincidente la idea entre los naturalistas de que el exterminio de especies constituye un empobrecimiento espiritual e intelectual para la humanidad. Un mundo sin otros compañeros terrestres no sería sólo un lugar más peligroso, sino mucho más solitario y desolado.

Muchas de las razones de los ambientalistas son de carácter estético o intelectual, sin embargo otra muchas razones expuestas incluso por científicos son de carácter práctico y utilitario. Es indiscutible la importancia de la biodiversidad mundial en la alimentación y en la vivienda, por ejemplo. Es claro el concepto de que nuestro mundo natural nos proporciona incontables beneficios médicos, agrícolas, comerciales e industriales. En nuestros relatos históricos aparecen una diversidad de plantas y animales que han sido usados para alimentarnos y protegernos, pero además, han sido usadas como materias primas, decoración y compañía, hay miles de especies cuyos productos naturales nos curan, incluso, algunas especies de animales y vegetales tienen connotaciones religiosas. Los productos y procesos biológicos suponen, por ejemplo, el 45% de la economía mundial.

Las especies proporcionan, también, los llamados servicios ecológicos, como filtración del agua, reciclado de nutrientes y descomposición de sustancias contaminantes.

A escala mundial, el 40% aproximadamente de las recetas médicas que se prescriben en la actualidad se basan en sustancias naturales procedentes de distintas especies o sintetizadas a partir de ellas. Por ejemplo, el árbol llamado “tejo del pacífico” produce en su corteza el taxol, sustancia utilizada como anticancerígeno. En México existe el tejo mexicano que también produce taxol, solamente que está en la lista de especies raras y en peligro de extinción.



Figura 2.5 *Árbol del tejo.*

La aparición de los humanos: origen de la problemática ambiental

Franz Broswimer hace un excelente relato de la aparición de los humanos, señalando que los primeros antepasados humanos, semejantes a monos, pertenecientes a los géneros *Ardipithecus* y *Australopithecus* hicieron su aparición en la escena de la evolución en África central y meridional hace entre 6 y 4.5 millones de años. Los primeros antepasados humanos, *Homo habilis* y *Homo erectus* aparecidos en África hace tan sólo entre 2.5 y 1.6 millones de años. Equipados con una combinación singular de atributos biológicos y sociales, los homínidos desarrollaron una postura erguida con locomoción bípeda, manos prensiles con pulgares oponibles, visión estereoscópica binocular y anatomía audio-vocal, así como el cerebro mayor y más complejo de todos los primates que habían existido hasta entonces. La creación biológica de los antepasados de los modernos humanos es un logro de la evolución por selección natural que conllevó a una nueva dimensión en el proceso evolutivo: la evolución cultural.

De las musarañas arborícolas a los primates

Los primates tienen como antepasados evolutivos más primitivos a los protomamíferos del tamaño de las musarañas arborícolas, que evolucionaron a la sombra de los dinosaurios hace unos 200 millones de años. Sólo tras la desaparición de estos hace 65 millones de años, y cuando eran poco mayores que ratas nuestros antepasados mamíferos comenzaron a evolucionar lentamente hasta convertirse en primates. Al comienzo de su historia evolutiva, la mayoría de los primates se parecía mucho a los actuales tarseros o lémures. Sin embargo, hace unos 40 millones de años apareció una nueva familia de primates: los monos. A medida que el mundo se enfriaba y las selvas iban dando paso a las praderas, los monos tuvieron que adaptarse o desaparecer. Desaparecieron efectivamente de América del Norte y pronto quedaron prácticamente limitados a los entornos de la selva tropical de las regiones ecuatoriales. África estuvo extensamente cubierta de bosques hasta hace unos 15 millones de años, pero poco después sus grandes selvas tropicales se redujeron. Hace entre 7 y 5 millones de años, el clima de la Tierra se volvió gradualmente más cálido y más seco. Las áreas de bosque comenzaron a retroceder y dejaron el terreno libre a hábitats como la sabana.

El antropólogo etíope Haile-Selassie explica que los primeros primates africanos que iban a evolucionar hacia *Homo sapiens* descendieron de los árboles e hicieron de la sabana abierta su hábitat. Sabemos que los primates comenzaron a caminar ocasionalmente erguidos en las sabanas africanas hace entre 6 y 5 millones de años. Es importante señalar que el “árbol genealógico” humano no avanza en línea recta.

Los homínidos más antiguos fueron animales del tamaño de un chimpancé y vivieron en la selva de Etiopía. Estos primeros homínidos vivían fundamentalmente en los árboles, pero habían desarrollado una posición erecta: sus brazos y hombros al igual que su cerebro relativamente pequeño demuestran que seguían llevando todavía una vida semiarbórea. Cuando África se secó el cambio dejó por la sabana abierta trozos de selva dispersos y a distancia unos de otros. Los primeros homínidos vivían en estos

refugios boscosos, pero no podían encontrar alimento suficiente en un solo lugar. Aprender a caminar en dos patas les ayudó a recorrer grandes distancias en terreno descubierto hasta el siguiente islote boscoso.

Sabemos que usaban útiles elementales, lo que constituye una etapa de control del entorno. Los útiles descubiertos en Kenia consisten en piedras modeladas rudimentariamente.

En los últimos 2.5 millones de años es cuando se presentaron las grandes perturbaciones climáticas

que culminaron en las glaciaciones. El período se caracteriza por una gran diversificación de los homínidos. Las pruebas geológicas indican que la Antártida empezó a cubrirse con grandes capas de hielo. Las extensas áreas heladas del polo Norte se formaron por aquél entonces. Las placas de hielo comenzaron a avanzar por Norteamérica, Europa y Asia, hasta que una tercera parte de esos continentes quedó enterrada bajo una capa de hielo de más de kilómetro y medio de espesor. El clima de la Tierra cambió con rapidez. Se secaron las selvas lluviosas, los desiertos pasaron a ser húmedos y las especies comenzaron a desaparecer. El frío congeló las capas de los mares y el nivel del mar comenzó a descender y apareció una conexión por tierra firme entre Gran Bretaña y la Europa continental, así como entre Indonesia y el continente asiático. Los períodos de intenso frío eran interrumpidos por períodos cálidos con abundante lluvia.

El cambio climático tuvo también un importante papel en la evolución de otros homínidos. En África el clima fue haciéndose cada vez más frío y seco, y lo que primero eran grandes zonas de bosque abierto fue desapareciendo, lo que obligó a nuestros antepasados a abandonar los árboles y convertirse en terrestres.

Australopithecus se extinguió y al menos un grupo de homínidos evolucionó rápidamente a algo nuevo. Un homínido erguido de gran cerebro capaz de vivir en el suelo. De ese grupo derivó el género *Homo* y, más tarde, los humanos modernos.

En África aparecieron varias especies nuevas de homínidos que vivían en el suelo. A la vez aumentaban de tamaño, desarrollaron un marcado gusto por la carne. Así se llegó a uno de los estadios más importantes de la evolución humana: la aparición de *Homo erectus* (“el hombre que camina erguido”). Se calcula que los restos más antiguos datan de 1.5 millones de años. Su origen fue en África, expandiéndose en Europa y Asia. Además de los fósiles, hay un instrumento empleado por *Homo erectus*, llamado “hacha de mano” de piedra que pudo ser utilizada como herramienta para



Figura 2.6 Representación de una pareja de *Australopithecus africanus*.

fabricar otros materiales. El impacto ecológico provocado por sus depredaciones fue comparativamente mínimo.

Homo erectus tenía una habilidad sin precedentes para actuar sobre su entorno. Además de las hachas de mano ha dejado los rastros más primitivos de viviendas hechas de ramas, con suelos de lajas de piedra o pieles y las piezas más antiguas de madera trabajada, la primera lanza de madera y el recipiente más antiguo, un cuenco de madera.

El evolucionista David Price indica que la innovación más notable de *Homo erectus* es la utilización de la energía a partir del fuego.

Los homínidos cazadores-recolectores y carroñeros utilizaron la energía del fuego para proporcionar calor, desbrozar bosques, cazar, defenderse y cocinar. Con el fuego se podía expulsar a los animales de las cuevas y ocuparlas. Las lanzas podían endurecerse al fuego, las semillas y plantas amargas se transformaron en fuente de alimentación, además la cocción debió de dirigir la atención hacia la variedad y disponibilidad de plantas.

Por otro lado, el uso del fuego influyó en la evolución de una mentalidad reflexiva. En torno a las hogueras se congregaba en la oscuridad un grupo que debía de tener conciencia de sí mismo como una unidad pequeña y significativa en medio de un escenario caótico y hostil. El lenguaje debió de modelarse entonces gracias a un nuevo tipo de relaciones grupales.

Jared Diamond explica que la domesticación del fuego fue también una exigencia previa de la caza mayor, otro de los éxitos de *Homo erectus*. En resumen, el impacto ecológico de los homínidos premodernos parece haber sido pequeño. Hasta hace unos 100 mil años, no tenemos pruebas de técnicas humanas de caza y está claro que los seres humanos seguían siendo, incluso entonces, cazadores muy ineficaces de grandes presas, por lo que su impacto sobre otras especies y sus equilibrios naturales debió de ser inapreciable.

La aparición de los humanos modernos

El antecesor de *Homo sapiens* fue *Homo erectus*.

El origen preciso de *Homo sapiens* no está totalmente resuelto. Se han propuesto algunos modelos hipotéticos, entre ellos el siguiente, que parece el más plausible: que una población pequeña y relativamente aislada de seres humanos primitivos evolucionó hacia *Homo sapiens* y que esa población se expandió con éxito por África, Europa y Asia, desplazando y finalmente reemplazando a todas las demás poblaciones anteriores.

Los métodos moleculares (estudios sobre diversidad y tasa de mutaciones del ADN nuclear y ARN mitocondrial) tienden a apuntar hacia el origen africano de todos los humanos modernos, lo que implica que la población ancestral común de todos los seres humanos actuales emigró desde África hacia el resto del mundo. Esta hipótesis es conocida como *Out of Africa* (fuera de África). La primera prueba fósil de seres humanos modernos de África data de hace 130 mil años. Hay pruebas de que seres humanos modernos vivieron ya en Oriente Medio poco antes del 90 mil a.C.

El paleoantropólogo Ian Tattersall indica que dos formas protohumanas estrechamente relacionadas (el hombre de Cro-Magnon y el hombre de Neandertal u *Homo sapiens neanderthalensis*), aparecieron en África en ese período y coexistieron durante cierto tiempo en diferentes lugares.

Los Neandertales suelen considerarse como una subespecie de *Homo sapiens*. Sus restos fósiles fueron encontrados por primera vez en Neandertal, Alemania, en 1856. Los Neandertales fueron los primeros humanos en adaptarse a climas fríos y sus proporciones corporales son similares a la de los pueblos modernos adaptados al frío: bajos y macizos, con miembros cortos. Los hombres tenían estatura media de 1.68 m. Llevaban vidas muy duras.

La cultura de los Neandertales incluía herramientas de piedra, fuego y refugios rupestres. Fueron cazadores formidables y los primeros humanos conocidos que enterraban a sus muertos.

Los Neandertales fueron la primera especie en dejar pruebas del uso continuo del fuego y son los primeros que cocieron sus alimentos en el interior de pieles de animales. Los hombres de Neandertal se extinguieron hace unos 30 mil años, quizás porque carecían de la capacidad fisiológica requerida para el habla compleja.

Los hombres de Cro-Magnon aparecieron en Europa hace de 10 mil a 40 mil años. Son uno de los ejemplos de antiguas poblaciones humanas modernas. Los restos de estos recientes antepasados de finales de la Edad de Piedra se descubrieron por primera vez en Francia en 1868 y más tarde en otros lugares de Europa y Asia Occidental. La cultura del Cro-Magnon era más compleja que la de los Neandertales. Utilizaban una ma-

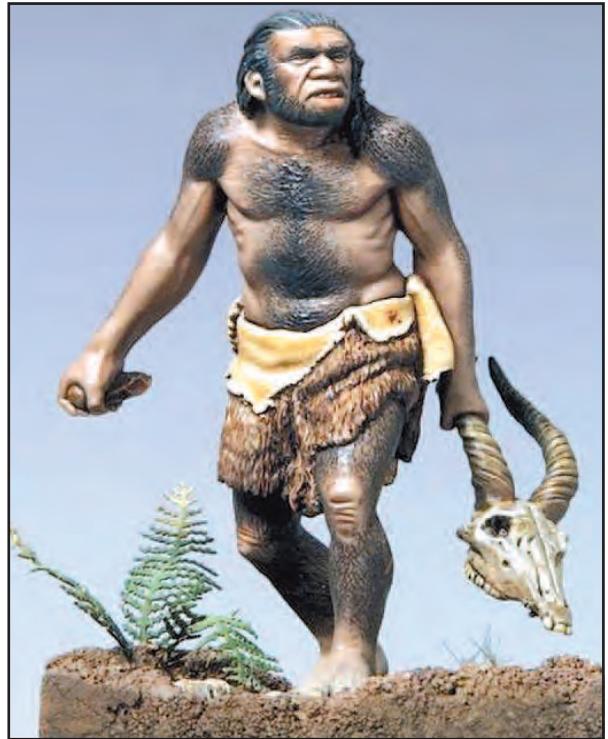


Figura 2.7 Representación de un hombre de Neanderthal.

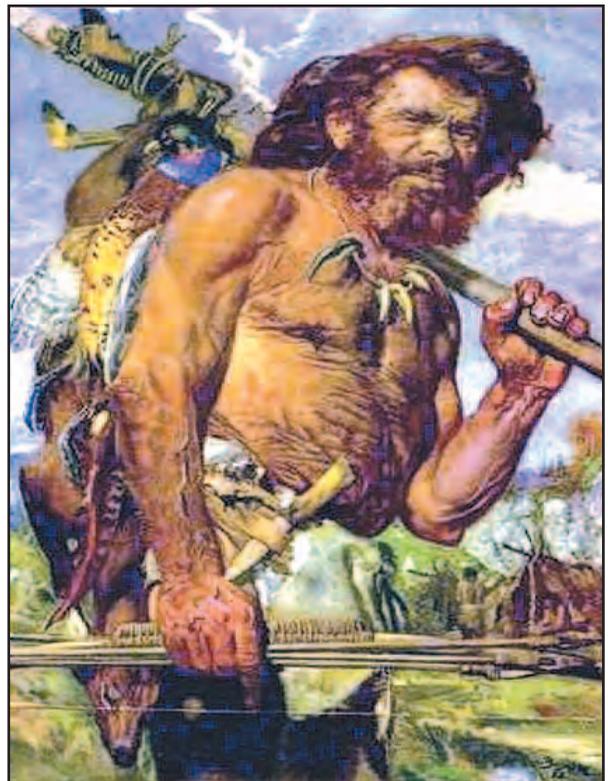


Figura 2.8 Pintura que representa a un hombre de Cro-Magnon.

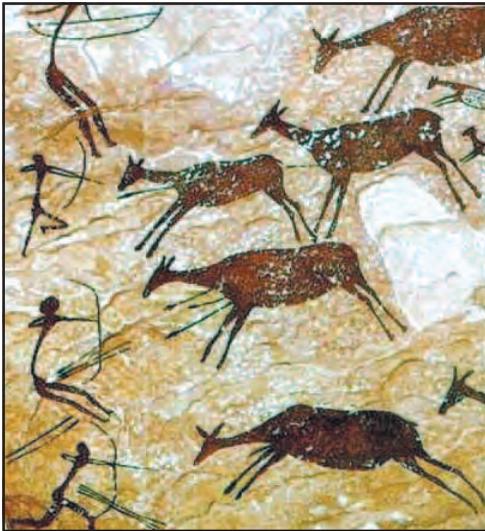


Figura 2.9 Pintura rupestre representando la cacería.

yor variedad de materias primas como huesos o cuernos, para realizar instrumentos nuevos para fabricar ropa, tallar y esculpir. Dejaron obras de arte en forma de herramientas, cuentas, esculturas de hombres y animales de marfil, joyas hechas de conchas, figuras de arcilla, instrumentos musicales y pinturas rupestres policromadas. Fueron hábiles cazadores de animales de todos tamaños, explotaban su medio ambiente todo lo que podían. Los campamentos eran bastante elaborados y la construcción de hogares complejos y la utilización de piedras calientes para calentar el agua en zanjas recubiertas de pieles que hacía del cocinado algo más sofisticado. Construían refugios para varias familias, fabricaban armas complejas como punta de lanza, arpones y trampas para animales. Llegaron a concebir un

calendario lunar rudimentario para llevar la cuenta de los movimientos estacionales de los animales que cazaban. Los hombres de Cro-Magnon eran esencialmente cazadores y recolectores nómadas.

Como todos los demás homínidos *Homo sapiens* se desarrolló primero en África, emigrando después. Nuestra especie hace unos 40 mil años había conquistado toda Europa y el continente asiático. Los humanos llegaron a Australia hace 60 mil años, y hace unos 13 mil las variaciones climáticas les permitieron pasar a América, el último continente deshabitado. Cruzando desde Asia por algún punto de lo que hoy es el estrecho de Bering, avanzaron hacia el sur durante miles de años siguiendo a los grandes animales. Al estar equipados con habilidades culturales y lingüísticas sin precedentes, el registro y el impacto ecológico de *Homo sapiens* sobre otras especies fueron muy distintos al de los otros homínidos. Un nuevo orden de intencionalidad consciente se expresaba en la creación de medios culturales y tecnológicos nuevos para controlar y modificar el entorno.

En algunas partes de Europa se había creado cierta forma de alfabeto hace ya 32 mil años. Aparecen instrumentos parecidos a flautas talladas en hueso. Aparecieron hacia el fin de la evolución anatómica de *Homo sapiens* las puntas de lanza hechas de colmillo de mamut, los dientes perforados de zorro y lobo y las agujas para coser cueros de astas de ciervo y de hueso.

Primeras evidencias acerca de la extinción de grandes especies

Nuestra capacidad como especie social para transformar la naturaleza aumentó radicalmente durante esta primera fase de la evolución social humana gracias al desarrollo del lenguaje y las consiguientes expansiones de las capacidades organizativas simbólicas y sociales. Este punto decisivo en la evolución biológica y social de la especie humana señala esencialmente la prolongación de la evolución biológica por medios culturales.

Es precisamente en esta coyuntura cuando los humanos empiezan a constituir un peligro para el medio ambiente en todo el mundo: expansión terrestre y la colonización por parte de nuestra especie de todos los principales ecosistemas, y la evolución acelerada de las innovaciones tecnológicas y artísticas, seguidas pronto por el desarrollo de la horticultura y la ganadería y por la aparición hace 10 mil años de la agricultura sedentaria. La invención de la metalurgia y el uso de herramientas metálicas se produjeron hace 6 mil años.

El paleontólogo Tim T. Flannery describe que las relaciones humanas con los animales cambiaron drásticamente, pues los humanos modernos de fines del Pleistoceno adquirieron una habilidad sin precedentes como cazadores de caza mayor. Son testimonio los motivos del arte rupestre. Leopardos, hienas son representados juntos con leones, rinocerontes, osos, búhos, mamuts, bisontes, caballos de la edad de hielo, alces irlandeses y los ciervos extintos de astas gigantes.

El aumento de la inteligencia colectiva dio como resultado la creación de arpones, anzuelos, arcos y flechas, trampas, precipicios mortales y flechas envenenadas. Se coordinan y organizan para destazar y trasladar los restos de grandes mamíferos como mastodontes y mamuts lanudos. Eran capaces de cercar a muchos animales y conducirlos hasta algún precipicio para que cayeran al vacío. Esto evolucionaría hacia una tendencia de amenaza colectiva de las especies. La extinción de la megafauna como los perezosos, osos, rinocerontes, lobos negros y tigres dientes de sable, provocada por los seres humanos a fines del Cuaternario se produjo en muy diferentes partes del mundo y afectó al menos a 200 géneros.

Neil Roberts establece una relación de esta historia ambiental cuando encontró en el fondo de un barranco en Solutré (Francia), los restos de aproximadamente 100 mil caballos. Parece obvio que esos cazadores primitivos mataron más animales que los necesarios. De los pueblos nativos de América se sabe que quemaron bosques para forzar a los alces y los ciervos a salir de ellos, produciendo ráfagas de viento caliente, hollín y humos lo bastante fuertes como para que los días templados de octubre parecieran de verano.

En la mayoría de los casos las extinciones de la megafauna a fines del Cuaternario comenzaron poco después de la llegada de los primeros seres humanos prehistóricos.

Tim Flannery indica que si comparamos el número de géneros de grandes mamíferos desaparecidos en los distintos continentes, hallamos que Australia perdió el 94%, Norteamérica el 73%, Europa el 20% y el África subsahariana el 5%.



Figura 2.10 *Perezoso gigante, mamífero de 180 kg de peso.*

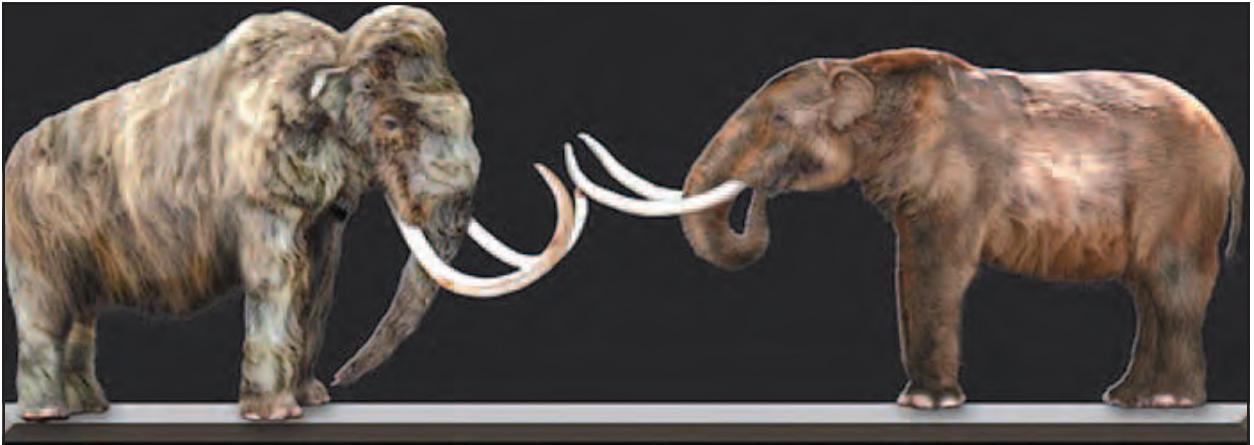


Figura 2.11 Mamut y mastodonte, grandes mamíferos que vivieron hace 14 mil años. Los mastodontes al igual que los mamuts estaban recubiertos de pelo grueso pero eran de alzada un poco menor.

De todos los continentes, los datos más claros de la extinción en masa de la megafauna corresponden a América del Norte, donde 70 especies desaparecieron entre 14 mil y 11 mil años. Esa es exactamente la época en que América del Norte fue colonizada por los seres humanos. Entre los mamíferos desaparecidos en América del Norte y del Sur se hallaban los mamuts, mastodontes, diversas especies de caballos, tapires, camellos, antílopes de cuatro cuernos, perezosos terrestres, pecaríes, castores gigantes, lobos negros, jaguares gigantes y tigres dientes de sable. Es posible la caza directa y la extinción indirecta como es la desaparición de herbívoros que eran fuente de alimentos a los grandes mamíferos. Los humanos colonizaron también América del Sur hace unos 11 mil años, y desde entonces el subcontinente ha perdido el 80% de los géneros de grandes mamíferos, entre ellos los perezosos terrestres, los caballos y los mastodontes.

En las Islas del Pacífico, la llegada de los seres humanos provocó extinciones de la megafauna y en particular de las aves.

Se cree que la Isla de Madagascar ha estado habitada por humanos sólo recientemente, a partir del año 50 d.C. y que todas sus especies fueron desaparecidas para el siglo XVII. Algo similar sucedió en el Caribe, que fue colonizado hace unos 7 mil años, donde se tiene el ejemplo de Cuba, en el que las grandes especies de mamíferos (como el perezoso terrestre de 180 kg de peso, lechuzas enormes, tortugas gigantes y focas monge) que ahí habitaban y que no se encontraban en otro lugar del mundo desaparecieron. Con todo, el impacto de nuestra especie en los ecosistemas del Pleistoceno tardío fue bastante pequeño en muchos aspectos comparado con el catastrófico



Figura 2.12 Un tigre dientes de sable atacando a un hombre.

impacto ecológico y social de la época moderna. Los cálculos apuntan a que en torno al 30 mil a.C., en la época de los Neandertales vivían en Francia menos de 20 mil seres humanos. En conjunto, no había en todo el mundo más de cinco a diez millones de seres humanos, sin embargo, les hacía falta mucho territorio para atender a las necesidades de una tribu, de ahí las emigraciones y su expansión mundial por regiones hasta entonces no habitadas.

El papel fundamental del lenguaje

El lenguaje ocupa un lugar central en nuestra comprensión de los desarrollos culturales sociales y ecológicos de los últimos 50 mil años. La capacidad de hablar, mejorada progresivamente hace sólo poco tiempo, produjo un intenso cambio en el comportamiento de nuestra especie. Con el lenguaje bastaban unos pocos segundos para comunicar a un cazador un mensaje como “Gira a la derecha después del cuarto árbol y conduce al antílope macho, o al mastodonte, hasta el bloque de piedra rojizo, yo estaré escondido detrás para matarlo de un lanzazo”. Sin el lenguaje, este mensaje no habría podido ser comunicado de ninguna manera, por lo que nunca pudieron haber usado ideas comunes sobre cómo mejorar las herramientas o incluso el significado de pinturas rupestres. “El gran salto adelante” en la evolución cultural de la especie humana se produjo cuando surgieron las mutaciones que alteraron la anatomía de la lengua y la laringe (y la faringe).

La expansión evolutiva de las capacidades comunicativas humanas está estrechamente relacionada con la posterior expansión y colonización terrestre final del planeta. La humanidad era ya completamente humana en anatomía, comportamiento y lenguaje hace unos 40 mil años, que es cuando ha habido más evolución cultural que en los millones de años precedentes. La evolución cultural humana es la fuerza transformadora más grande que ha experimentado nuestro planeta desde que su corteza se solidificó hace 4 mil millones de años. Gracias a su capacidad biológica para la cultura, que ha alcanzado una dimensión única, *Homo sapiens* ha adquirido el inmenso poder de imponerse a la naturaleza desde el interior. Pero este poder es un arma de doble filo: crea y, a la vez, destruye.

La revolución neolítica

Pasar desde la etapa de la cacería, la recolección y el carroñeo a la producción agrícola, hace unos 12 mil años significa un acontecimiento capital de la historia humana por los cambios radicales que supuso en la relación de los humanos con la naturaleza y entre sí. A estas transformaciones, en conjunto, se les conoce como revolución neolítica. Vivían en grupos de menos de 100 individuos, por lo que las sociedades neolíticas tenían una baja densidad de población.

Con sus reducidos deseos materiales llevaban una vida holgada y bien nutrida. Tenían pocas posesiones pues obstaculizaban la movilidad. Un cazador recolector podía alimentar a cuatro o cinco personas. Pronto la existencia de la especie se modificó

a raíz de una serie de cambios climáticos y sociales, lo que provocó una expansión gradual demográfica y geográfica. En este proceso las sociedades humanas agotaron sus ambientes naturales locales y regionales y se vieron forzados a cambiar su modo de vida, fue entonces cuando surgieron formas de agricultura sedentaria e intensificada, en parte como respuesta a la escasez de la fauna. Esta revolución en la obtención de alimentos siguió por lo general a la decadencia de las grandes culturas de la caza mayor en el norte de Europa y de América, dando inicio a la edad de piedra media, el mesolítico, donde las poblaciones se alimentaban de pescado, moluscos y los ciervos de los bosques. En otras regiones como el oriente medio, los humanos pasaron de la caza de ungulados grandes y ciervos a la depredación de especies de menor tamaño como ovejas, cabras y antílopes y volviendo la atención a los peces, cangrejos, mariscos, aves y caracoles. Además, los hombres del neolítico colectaban bellotas, pistachos y otros frutos secos, legumbres y semillas silvestres, prácticas que terminarían por generar una agricultura más intencional.

La tendencia en el paleolítico medio y superior fue pasar de la abundancia a la escasez de la caza mayor, y por tanto a hombres que cazaban en niveles cada vez más bajo de la pirámide alimenticia. Esto dio lugar no sólo a una intensificación de los esfuerzos por parte de cazadores y agricultores incipientes, sino también a una reducción de la biodiversidad en nuestro planeta. Una teoría sobre los orígenes de la producción sedentaria de alimentos nos indica que la transición de la recolección al cultivo de raíces comestibles pudo haber sido casi inconsciente, ya que hay muchos tubérculos fáciles de cultivar. Si se corta un trozo de estos y se entierra, crece. Los grupos cazadores-recolectores familiarizados con plantas semejantes las cultivaron solamente en épocas de carestía, para complementar el suministro de alimentos. Al cabo de decenas de miles de años de extraer del suelo raíces comestibles por medio de palos, la utilización de ese mismo palo (o coa) para sembrar semillas debió de constituir un paso sencillo. La coa consistía en una madera larga que terminaba en punta. Esta servía para horadar la tierra y poder depositar allí las semillas a cultivar.

La primera domesticación de los animales pudo haber seguido un camino similar. Varios tipos de animales dóciles para su domesticación (entre ellos perros, cabras, ovejas y bueyes salvajes) eran comunes en todo el viejo mundo del pleistoceno.



Figura 2.13 Siembra utilizando un palo con punta llamado coa.

En el caso de los perros, el proceso comenzó probablemente hace al menos 12 mil años. Al final de la glaciación del pleistoceno, las personas y los cánidos competían por el mismo alimento. Un cachorro de perro especialmente sumiso o tranquilo buscaba comida en torno a los campamentos humanos y pudo haber llegado a la edad adulta aceptando al grupo humano como propio. Los animales domésticos fueron los esclavos originales, sobre los que se basó más tarde el derecho de propiedad sobre otros seres vivientes, incluido el propio ser humano.

Al adoptar el cultivo sedentario de alimentos, los humanos comenzaron a alterar la biosfera de un modo que, a largo plazo, resultaría de mucho mayor alcance que la extinción de la megafauna, e igual de irreversible. Cuando florecieron las grandes civilizaciones, vastas extensiones naturales de las zonas templadas y subtropicales de Europa, Asia y América habían sido reemplazadas por sistemas organizados por los hombres, conocidos a veces como agrosistemas. En los dos últimos milenios, grandes extensiones de África y América han sido dedicadas a la agricultura. Esto ha sido seguido por una pérdida de la biodiversidad debido a los procesos de depredación intensificada y desplazamiento de los hábitats.

En las civilizaciones antiguas nacieron las primeras ciudades -estado y de formas institucionalizadas de injusticia y violencia. Los animales tiraban de los arados, llevaban las mercancías al mercado y proporcionaban un complemento rico en proteínas a una dieta basada en semillas. Se usaba la fuerza del viento para transportar mercancías por el agua y, la utilización del fuego como fuente principal de energía hacía posible la fabricación de objetos de cerámica y metal.

La división del trabajo llegó con la especialización artesanal, y lo mismo ocurrió con la propiedad individual.

Hay razones para pensar que la agricultura sedentaria condujo al desarrollo de la propiedad privada y al “trabajo” como categorías distintas de la vida, separadas de otras actividades. Está bien documentado que la agricultura sedentaria proporcionó también el marco histórico de la estratificación social, la violencia contra las mujeres y animales y la destrucción de las zonas naturales salvajes.

Deterioro del medio ambiente y los recursos en la antigüedad

Todos los grandes imperios como Babilonia, Egipto, Grecia, Roma, la antigua China e incluso los mayas, destruyeron sus bosques y la fertilidad de sus suelos cultivables y eliminaron buena parte de la fauna original por medio de una combinación de su pensamiento lineal y su apetito insaciable de riquezas materiales.

Rene Jules Dubos señala que las tierras más florecientes de la antigüedad fueron asiento de civilizaciones poderosas y ricas durante largo tiempo, pero hoy se encuentran entre las regiones más pobres del mundo.

Las disputas civiles, la guerra, el hambre y las enfermedades han contribuido a la desaparición de las antiguas civilizaciones, pero una de las causas principales de sus declives fue el agotamiento de sus recursos biológicos. La escasez de agua y el cambio climático fueron en muchos casos decisivos.

La civilización maya sometida a presiones demográficas y ecológicas se vino abajo tras un período de sequía. Otro caso es de las civilizaciones mesopotámicas que desaparecieron después de que los mongoles destruyeran sus sistemas de riego. Hace 3 mil 700 años, las ciudades sumerias fueron abandonadas por sus pobladores debido a que los suelos de regadío, que habían producido los primeros excedentes agrícolas del mundo se habían salinizado y encharcado.

Los geógrafos Jin-qi Fang y Zhiren Xie estudiaron exhaustivamente los orígenes de la deforestación en China encontrando que en Asia se empezaron a utilizar tierras vírgenes para la expansión de la agricultura. Se empezó a utilizar el arado de hierro tirado por bueyes, complementando así la mano de obra humana con una nueva fuente importante de energía. Se habían inventado las herramientas avanzadas y los métodos de fertilización. Los gobernantes solían ordenar que se cultivaran las tierras baldías para incrementar la producción agrícola y combatir las hambrunas. A partir del siglo IV a.C., las crisis ecológicas y las hambrunas asolaron a China. La deforestación y sus consecuencias de degradación ecológica, como la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad, fueron factores esenciales en la destrucción de la antigua civilización china. La región que fue la cuna de la civilización china lo fue debido, en parte, a sus virtudes climáticas y agrícolas. La tierra era predominantemente llana y estaba recubierta por uno de los suelos más fértiles de toda la Tierra.

Las tres razones más importantes de deforestación en la historia china, han sido el uso de las tierras para la agricultura y los caminos, la recogida de leña y la construcción de casas. La fuerte erosión del suelo provocó un aumento en las inundaciones del río Amarillo. Georg Borgstrom, ha clasificado la deforestación de las tierras altas de China como uno de los peores desastres ecológicos de toda la historia seguido de cerca por la destrucción de la vegetación mediterránea por el ganado, que transformó tierras fértiles en erosionadas y empobrecidas.

Platón, en Grecia, describía la deforestación de las Colinas del Ática. La tala de árboles para obtener combustibles y la erosión del suelo debido al pastoreo excesivo. Lo mismo pasó en Roma y hubo advertencias por las malas cosechas y la erosión del suelo como consecuencia de prácticas ganaderas derrochadoras.

Los mesopotámicos, suroeste de Asia: de 3700 a 1600 a.C.

El primer caso conocido de desastre ecológico de una civilización se produjo durante la Edad de Bronce, hace varios miles de años, en el valle de los ríos Tigris y Éufrates, en lo que hoy es Irak y parte de Siria. Esta cultura mesopotámica, conocida como civili-

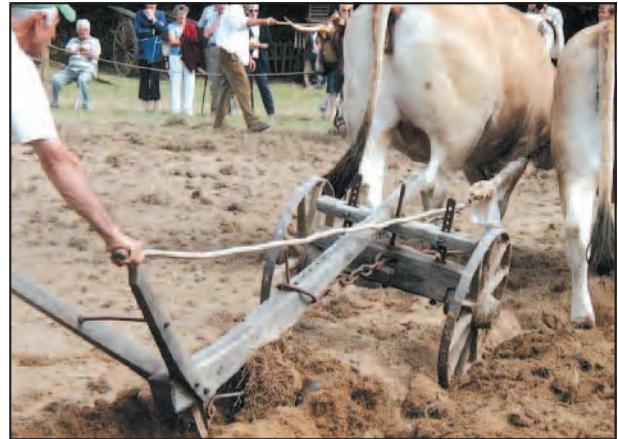


Figura 2.14 Arado tirado por bueyes.

zación sumeria, fue una de las primeras sociedades humanas que produjo lo que algunos antropólogos llaman “gran tradición”. Las civilizaciones mesopotámicas dependieron fundamentalmente del regadío gracias a sus dos grandes ríos. Con un suministro de agua asegurado y la invención del arado, los primeros agricultores sedentarios pudieron cultivar muchos más alimentos que los que necesitaban para su propio grupo familiar.

La disponibilidad de cereal excedente abrió las puertas no sólo al desarrollo de las ciudades sino también, con el paso del tiempo, a la desigualdad y la estratificación social. Sin embargo, la explotación de la tierra y los hombres por medio del regadío condujo con el paso de los siglos a resultados desastrosos: las presas y canales se encenagaron y la tierra se volvió infértil debido al encharcamiento y a la acumulación de sal. En la actualidad este es un problema que no se ha resuelto a nivel mundial.

Los asentamientos humanos en el valle del Tigris y el Éufrates se remontan por lo menos al 6000 a.C. Como las civilizaciones egipcias, más tarde, los primeros habitantes de Mesopotamia desarrollaron una economía de caza completada por la recolección de cereal silvestre. Los logros de los mesopotámicos y de los egipcios son muy parecidos. Queso, mantequilla y suero de leche satisfacían los paladares de las clases altas de ambas sociedades. Los grandes jardines de Babilonia, algunos de ellos plantados sobre terrazas contenían muchas de las hortalizas que más adelante se convirtieron en ingredientes básicos de la cocina occidental, como las zanahorias y el hinojo. Había abundantes aves que cazar en las zonas pantanosas entre ambos ríos. Los sumerios inventaron la rueda hacia el 3700 a.C.

El modo de producción mesopotámico estaba basado en la esclavitud y el tributo. Las clases altas estaban compuestas por nobles, sacerdotes, funcionarios del gobierno y guerreros. Más bajo se hallaban los hombres de negocios, seguidos por los comerciantes y artesanos, que componían una estrecha capa de clase media u hombres libres. Siervos, esclavos y agricultores que sólo producían para su subsistencia componían la mayor parte de la población y eran los encargados de todo el trabajo manual, en particular construcción y limpieza de los canales de riego, las presas y los embalses.

La explotación generalizada de la mano de obra humana y de un medio ambiente fértil transformó la naturaleza de tal manera que hoy no queda nada del paisaje aluvial original. La formación social de las primeras civilizaciones mesopotámicas condujo al exterminio de buena parte de las especies de mamíferos y aves restantes. Las primeras especies en desaparecer fueron las que representaban un peligro para el ser humano,



Figura 2.15 Jardines colgantes de Babilonia, una de las siete maravillas de la antigüedad.

por ejemplo, los grandes depredadores, como leones o tigres. Otros componentes de la fauna salvaje fueron el rinoceronte, el elefante y algunas especies de antílopes.

Las tierras de regadío de Mesopotamia eran vulnerables pues funcionaban por inundaciones que en ciertas condiciones destruían todo a su paso como los almacenes de cereales. La mayoría de las aguas de sus ríos nunca llegaban al mar sino que se evaporaba en las llanuras pantanosas dejando como residuo sus contenidos minerales, produciendo suelos salinos que reducen el rendimiento de las cosechas transformándose en suelos estériles completamente. Primero el trigo y luego la cebada que soporta mas la salinidad y después ningún cultivo.

El declive de la civilización mesopotámica se debió, además de sus problemas de salinización de sus valles agrícolas, a la amplia deforestación a lo largo de miles de años de sus bosques de cedros y otras especies maderables que se usaban como materiales de construcción de edificios, palacios y en la fabricación de naves de comercio y de guerra. Todo esto, muy claramente, llevó hasta sus límites la sostenibilidad ecológica de esas tierras.

Los griegos, Mediterráneo: del 770 al 30 a.C.

Representa la región del Mediterráneo de la antigüedad el mejor ejemplo de la explotación abusiva de los recursos naturales en la Europa premoderna. La mala gestión ecológica, las guerras constantes, aventuras militares y conquistas se sumaron para deteriorar la agricultura de la cuenca mediterránea del mundo antiguo. Las culturas mediterráneas estaban basadas antiguamente en la agricultura y el pastoreo. Su forma de relaciones sociales jerárquicas cambió las relaciones de los hombres con el medio ambiente. El rendimiento agrícola se maximizó mejorando la productividad de las tierras de cultivo ya existentes o abriendo nuevas superficies al cultivo. Esto último llevó a la tala de bosques y al drenado de marismas, pero también al cultivo de tierras marginales sensibles a la erosión del suelo. Este tipo de sociedades agrarias debilitó los vínculos entre los humanos y la naturaleza.



Figura 2.16 Paisaje de la ciudad de Atenas donde se observa la Acrópolis situada sobre una cima y constituida por una serie de templos. Actualmente es considerada patrimonio de la humanidad.

Cuando las civilizaciones mesopotámicas se desvanecieron, la cuenca mediterránea estaba formada todavía por tierras relativamente bien regadas, cubiertas en su mayor parte por bosques. Sin embargo, la abundancia ecológica de esta región fue efímera.

Los antiguos griegos produjeron la primera civilización de la antigüedad que ocasionó daños ecológicos al Mediterráneo. La expansión demográfica y ecológica de las ciudades griegas llevó a la destrucción progresiva de los ricos pinares y robledales que satisfacían su necesidad por la madera, la leña y el carbón. Además, los griegos destruyeron los bosques para crear, sencillamente, más tierras de pasto para sus animales domésticos.

Los problemas ambientales de ciudades como Atenas, ya prefiguraron los problemas ambientales que se darían en la época moderna.

Atenas había crecido al azar en torno a las majestuosas alturas de la Acrópolis. En Atenas vivían unas 100 mil personas que disponían de poco espacio produciendo congestión, ruido, contaminación del aire y del agua, acumulación de residuos y epidemias. Las necesidades económicas de una ciudad militarmente poderosa sólo podían satisfacerse yendo más allá de los límites existentes por medio del comercio y las conquistas.

Las guerras a gran escala conducen a la destrucción masiva de la naturaleza debida a la utilización intensiva de recursos con los que se fabrican armas y se organizan las campañas militares. En la antigua Grecia, la combinación de actividad militar, construcción del Estado y deforestación fue más evidente que en Mesopotamia. La guerra del Peloponeso consumió grandes cantidades de madera para la construcción de barcos de guerra. El botánico Teofrasto de Éfeso, desarrolló una teoría que vinculó la deforestación con la disminución de lluvias.

Hacia mediados del siglo V a.C., las tierras alrededor de Atenas estaban ya ampliamente deforestadas. La erosión había agotado los suelos de la montaña, depositando lúgamo en las zonas costeras y cegado muchos manantiales. El resultado fue un declive en la producción agrícola y una carestía crónica de madera. Los ecosistemas forestales no pudieron regenerarse al combinarse la erosión con el excesivo pastoreo de las cabras. Las cabras han causado un fuerte impacto en la mayor parte de la tierra.

La incapacidad de los antiguos griegos para adaptar de manera sostenible su economía a los ecosistemas existentes resultó ser una de las causas fundamentales del declive de su civilización. Al imponer una demanda excesiva sobre los recursos naturales, los ciudadanos griegos no lograron mantener el equilibrio con el propio medio ambiente, necesario para la supervivencia a largo plazo de cualquier sociedad humana.

Los romanos, Mediterráneo: del 500 a.C. al 500 d.C.

Los romanos fueron aún menos conscientes que los griegos desde el punto de vista medioambiental y mostraron poquísima preocupación por las consecuencias ecológicas de sus actividades. Los romanos manifestaron un criterio posesivo sobre nuestro planeta, estaba allí para ser explotado con fines humanos. El imperio romano llegó a ser inmenso, desde los desiertos africanos hasta las fronteras septentrionales de Inglaterra. Más de un cuarto de la población estaba bajo el control de este imperio. Pero

también la deforestación se extendió desde las colinas de Galileo hasta las montañas del Tauro, en Turquía y Sierra Nevada, en España. Estudios diversos han mostrado que los factores medioambientales fueron una de las causas de la decadencia de la economía y la sociedad romanas. Los resultados del deterioro se hacen evidentes en el paisaje: las impresionantes ruinas romanas están rodeadas a menudo de entornos desolados. El filósofo romano Lucio Anneo Séneca, escribió sobre la degradación de su entorno, lo mismo hizo el escritor y militar conocido como Plinio el viejo al reportar que los seres humanos abusaban de la “madre tierra”.

Los romanos superaron con mucho a sus antecesores en la búsqueda de carnes, pieles, plumas y marfil. Además, capturaron una enorme cantidad de animales para su uso en las luchas de gladiadores, saquearon el imperio en busca de osos, leones, leopardos, elefantes, hipopótamos, rinocerontes y otros animales para atormentarlos en vivo y matarlos en escenarios públicos, hasta que ya no se pudieron encontrar más. El emperador Tito inauguró el Coliseo con una serie de luchas de gladiadores que duraron tres meses y en la que se mataron 9 mil animales. Considerando las condiciones en que eran cazados, transportados y alimentados, de cada animal sacrificado morían otros cien. Ya en el siglo I d.C., el imperio romano había agotado los suministros de marfil del norte de África tras haber diezmado los elefantes de esa zona. Esto sucedió también en el sudeste asiático.

Los romanos desarrollaron la minería, la fundición y la metalurgia, que significaron fuertes presiones sobre los bosques en busca de madera para usarla de combustible. Esto es, deforestar y además, contaminar. Las antiguas minas y canteras aún dan testimonio de las huellas físicas de la antigüedad en el mediterráneo. Mucho de la contaminación era ocasionada por la minería de plomo y plata y de su fundición.

Además, los ríos mediterráneos estaban contaminados por aguas fecales que se filtraban a las aguas subterráneas y hacían insalubre su consumo, sobre todo en las ciudades romanas. El río Tíber era un buen ejemplo de ello. Los logros tecnológicos que más se admiran de los romanos son los más dañinos al medio ambiente.



Figura 2.17 La celebración de la conquista de Dacia (hoy Rumania) por parte de Trajano dio lugar a unos juegos en los que se sacrificaron 11 mil animales salvajes.

En el siglo III d.C. se dio la anarquía militar con 50 años de guerras que no dejó provincia intacta. Los impuestos para los gastos militares se recolectaban sobre todo entre los agricultores y reducían su capacidad para invertir en la producción agrícola. Las campañas militares destruían los campos, asesinaban a los agricultores y sus familias y requisaban o destruían cultivos y edificios. Los generales romanos solían utilizar a menudo la “guerra medioambiental deliberada”, que destruía los recursos naturales del enemigo

y sus suministros de alimentos. La sociedad romana mostraba de forma destacada un consumo exhibicionista como señal de rango y prestigio. El estilo de vida suntuoso de las clases altas se reflejaba en su atracción por los alimentos, como gourmets (consumidores de alimentos exquisitos) y como gourmands (personas que comen en exceso). La clase social dominante se ganó una reputación de glotonería, corrupción y falta de moderación. Pronto en el imperio romano empezaron a escasear los alimentos como los cereales, a pesar de que las zonas de cultivo se desplazaban, razón por la cual empezaron a importar especies y artículos de lujo de la India que pagaban con vino, oro y plata, que los llevó a una crisis económica que no les permitía sostener a sus ejércitos y por consecuencia el imperio se vino abajo.

De la misma manera que los mesopotámicos pagaron un elevado precio por su incapacidad para adecuar sus logros culturales y sociales a las condiciones del medio ambiente existente, los romanos sufrieron las consecuencias al provocar la explotación del medio ambiente. La decadencia y caída del imperio romano fueron consecuencia de una combinación de factores, entre ellos la forma de explotación al mismo ser humano, vía la esclavitud, la exagerada extensión militar y fiscal, la degradación medioambiental, en particular la erosión del suelo y la deforestación y las invasiones extranjera.

Los anasazis del cañón del Chaco: del 700 al 1300 de nuestra era

Los anasazis vivieron durante siglos en las mesetas de Nuevo México y Arizona; algunos se instalaron más tarde en precipicios horadados provistos de saledizos protectores, como el Cliff Palace de Colorado.

Los primeros antepasados norteamericanos de los anasazis fueron los cazadores de la región de Clovis Nuevo México de hace 10 mil a 5 mil años, que cazaban en exceso los grandes animales salvajes de las últimas glaciaciones y contribuyeron a su extinción. La primera gran transformación que condujo a la formación de la sociedad anasazi se produjo más o menos entre los 5 mil y 2 mil a.C., cuando sus antepasados neolíticos adoptaron la agricultura como respuesta adaptativa a un cambio climático, a la pérdida de grandes animales de caza y al crecimiento de la población.

El cañón del Chaco, actualmente un parque nacional de Nuevo México, era a la vez, el corazón y el alma del territorio. En el fondo del cañón el pueblo anasazi levantó edificios hasta de cinco pisos con vigas de madera, de 215 metros de largo por 105 de ancho y 650 habitaciones, los mayores construidos en América del Norte. A los agricultores anasazi les costó más de siete siglos establecer las bases agrícolas con canales de riego, organizativas y tecnológicamente necesarias para la creación de una floreciente civilización que duró unos 200 años y luego se vino abajo en cuestión de unas pocas décadas.

Originalmente el cañón del Chaco estuvo cubierto de piñoneros y enebros, pero sólo hasta 1200, para luego desaparecer.

Durante el auge de la civilización anasazi entre 1075 y 1100, los pueblos utilizaban muchísima madera para construir sus gigantescas viviendas. A medida que se talaron grandes superficies de los alrededores, los anasazis se vieron obligados a viajar

a distancias cada vez mayores para procurarse madera. Por añadidura, talaban árboles y arbustos para obtener leña, significando una grave deforestación. El aumento de la población impuso una presión aún mayor sobre los recursos de la región. Y como la tierra ya no podía sustentar a la población, la cultura anasazi se vino abajo junto con el hábitat ecológico en el que se basaba. El desastre medioambiental que sobrevino a los anasazis fue provocado por ellos mismo. El auténtico desastre comenzó con una sequía combinada con escasez de tierras cultivables frente a una población en crecimiento durante las décadas del 1080 y 1090. Una segunda sequía importante ocurrida unos 30 años después anunció el final de la civilización del cañón del Chaco. Al final les faltó agua, maíz, carne y combustibles suficientes para satisfacer las crecientes demandas. Las terribles guerras civiles acompañaron el colapso de la sociedad anasazi del Chaco entre 1150 y 1200. Hoy, unos 800 años después los bosques del cañón del Chaco siguen sin regenerarse.

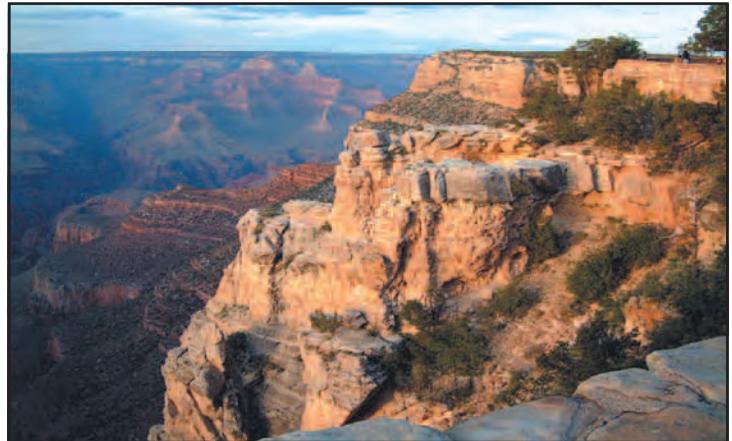


Figura 2.18 *Cañón del Chaco.*

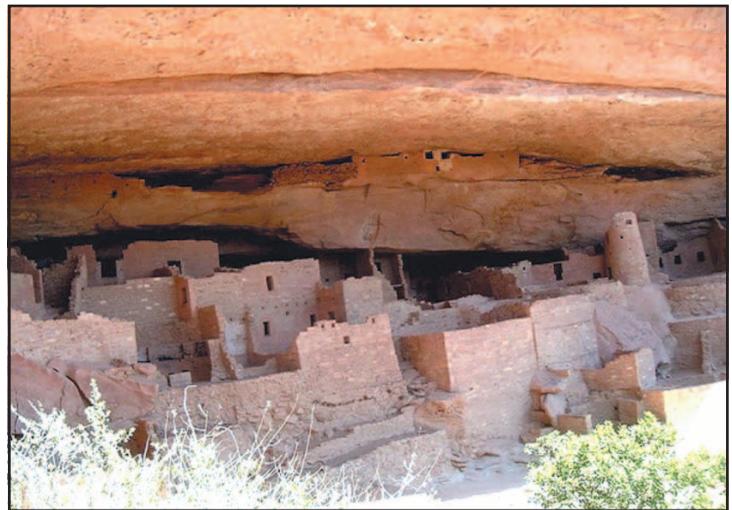


Figura 2.19 *Poblado anasazi del Parque Nacional de Mesa Verde.*

Los mayas, América Central: del 200 al 900 de nuestra era

Hacia el 900 a.C. la civilización maya se había extendido por la región que hoy conocemos como península de Yucatán en México, por Belice y por la mitad septentrional de Guatemala. Entre el 250 y el 900 de nuestra era, la civilización maya llegó a su punto culminante realizando grandes logros en arte, matemáticas y astronomía. Además, los mayas desarrollaron el único sistema complejo de escritura existente en toda América. Sin herramientas de metal ni caballos ni bueyes y ni siquiera la rueda, fueron capaces de construir grandes ciudades en la selva con un sorprendente grado de perfección y variedad arquitectónicas. Sus enormes pirámides que pueden encontrarse en toda



Figura 2.20 Palenque ciudad Maya localizada en el estado de Chiapas.

América central, se han convertido en monumentos a su legado cultural. Algunas ciudades son Palenque, Tulúm, Chichén Itzá, Copin y Uxmal. Los mayas crearon una arquitectura ceremonial muy ornamentada que incluía templos, pirámides, palacios y observatorios. Fueron también agricultores experimentados que destruyeron grandes superficies de selva tropical, y allí donde escaseaba el agua construyeron embalses subterráneos para almacenar el agua de lluvia. Fueron tejedores y ceramistas y construyeron caminos por la selva y los pantanos para promover el comercio con pueblos lejanos.

La topografía de la zona era muy variada, desde las montañas volcánicas de las tierras altas del Sur hasta la plataforma de caliza porosa conocida como las tierras bajas, de las regiones central y septentrional. La zona meridional de las tierras bajas es-



Figura 2.22 Fotografía de un gran roedor, la paca.



Figura 2.21 Fotografía de un quetzal. Las seis especies que existen se encuentran actualmente en peligro de extinción.

ta cubierta de selva tropical, con árboles de 45 metros de altura media. En medio de las densas selvas había aquí y allá sabanas dispersas y zonas pantanosas. Las tierras bajas del norte, también tenían selvas pero, como la zona era más seca que las del sur, los árboles eran pequeños y espinosos. De febrero a mayo transcurría la estación seca caracterizada por un clima intensamente caluroso. En esa época los campos estaban recién segados y se quemaban en una especie de agricultura de corta y quema. Los cielos se llenaban de un humo polvoriento, haciendo el aire irrespirable, hasta

que las lluvias venían a limpiar la atmósfera contaminada.

En origen, la región estaba dotada de abundante flora y fauna que incluía grandes depredadores como el jaguar y el caimán y muchas serpientes venenosas que eran amenaza para los cazadores que se internaban en la selva en busca de ciervos, pavos, pecaríes, tapires, conejos y grandes roedores como la paca y el agutí. La bóveda de la selva la ocupaban monos y quetzales.

Las tierras bajas con lluvias hasta de 4000 mm anuales, se dedicaban principalmente a la producción de cereales para consumo humano, como el maíz. Se cultivaban también calabazas, judías, guindillas, amaranto, mandioca, cacao, algodón (para hacer ropa ligera) y sisal (para hacer telas pesadas y cuerdas). Las tierras altas volcánicas eran fuente de obsidiana, jade, cinabrio y la hematina que se usaba para comerciar.

La civilización maya sobrevivió como sistema cultural durante más de mil años pero se extinguió en el siglo IX. Hay varias explicaciones, pero la más viable es aquella que se basa en análisis de cinco metros de sedimentos del lago Chinancanab, en la península de Yucatán. Los datos parecen indicar que la región sufrió una prolongada sequía. Los investigadores han hallado pruebas de que entre los años 800 y 1000, aproximadamente en la época del declive de los mayas, hubo un descenso súbito de las precipitaciones. Según el paleontólogo Scott Stine, fue una de las graves alteraciones climáticas producidas en 10 mil años. La sequía se extendió hacia el norte, llegando hasta California.

La escasez de agua parece haber sido uno de los elementos decisivos de la desaparición de la civilización maya, donde vivían unos cinco millones de personas, los agricultores debían talar cada vez más superficie de selva para satisfacer necesidades de una población creciente. En el siglo VII ya había muchos claros en las selvas, y la mitad de las cosechas iban a parar a las clases altas parásitas de los centros urbanos. La desaparición de la vegetación fue un factor clave del consiguiente cambio climático.



Figura 2.23 *El maíz fue la base de la alimentación de los mayas.*

Historia ambiental de México

Probablemente los humanos pasaron a América hace unos 30 mil años durante la última glaciación a través del estrecho de Bering. La corta distancia que separa a los dos continentes, apenas unos 90 kilómetros, y la particularidad de que el mar en esta parte no excede de los 40 metros de profundidad facilitaron el que al congelarse el agua bajara el nivel del mar. Así ambos continentes quedaron unidos por una llanura. Los humanos no hicieron más que caminar por ella, pasando, sin darse cuenta, de un continente a otro. Esos humanos ya conocían el fuego, sumamente necesario durante su travesía

por el Ártico. Ya contaban con cuerdas, redes y una cestería poco desarrollada. Tenían cierto conocimiento de sobre el curtido de pieles para hacer abrigos. Sus instrumentos eran de piedra cortante y puntiaguda. La recolección era la actividad más importante junta con la pesca en lagos y ríos. La caza era ocasional y dependía del número de familias para unirse y organizar cacería mayor donde se usaban lanzas como



Figura 2.24 Vista del estrecho de Bering, con el cabo Dezhneva (Rusia) arriba a la izquierda, el cabo Príncipe de Gales (Alaska), a la derecha y las islas Diómedes en el centro.

las antorchas con fuego para hacer huir en cierta dirección a las presas.

El estrecho de Bering es un brazo de mar localizado entre el extremo oriental de Asia (Siberia) y el extremo occidental de América del Norte (Alaska).

Los animales de gran tamaño, las enfermedades como la malaria y la desnutrición constituían sus amenazas. Vivían juntos en grupos de 25 a 50 individuos. Si el grupo crecía se dividían y emigraban a lugares cercanos. El promedio de vida era de 30 años, siendo más corto entre las mujeres por riesgos del embarazo y del parto.

Los primeros habitantes de México, hace aproximadamente unos 25 mil años, no encontraron ninguna barrera natural que les impidiera su paso desde América del norte. Los primeros habitantes pudieron haber tomado rutas hacia las costas (Baja California, Pacífico y Atlántico) y hacia las montañas de la Sierra Madre, hacia la Planicie Central.

Después de cierto tiempo, mejoraron sus instrumentos de cacería de manera que hace unos 10 mil años se extinguieron en México las grandes especies de mamuts, mastodontes, tigres dientes de sable, bisontes, caribúes, alces y otros. Las causas fueron los cambios climáticos y la cacería humana. Se han encontrado restos de mamuts en zonas pantanosas y en agujeros a los que hacían caer a estos animales.

Para explicarse los fenómenos naturales recurrían a la información que disponían acerca del sol, la luna, los animales y las plantas, sin embargo cuando no podían explicar algún proceso natural, hacían uso de lo sobrenatural, no sólo en lo explicativo sino en sus acciones, pues hacían uso de los sacrificios para calmar las tormentas u otra cosa natural. Pensaban que cada cosa tenía un espíritu que daba cuenta de sus características. Esta relación con los espíritus eran los rituales, generalmente en busca de prosperidad y fecundidad de la tierra. Había plantas y animales sagrados.

Los pobladores que tomaron el camino de las zonas montañosas rumbo al altiplano se encontraron con una caza abundante con una gran variedad de recursos naturales. Por lo general esta zona comprende selvas bajas de espinas y leguminosas, tales como el huizache (*Acacia*) y el mezquite (*Prosopis*). Otras plantas xerófitas son el cacto columnario (*Cerus*), el nopal (*Opuntia*), el izote (*Yucca*) y el maguey (*Agave*) que florece una sola vez en su vida. Hacia los mil metros de altura está muy difundido el pochote (*Ceiba*). Los vestigios más antiguos de telas hechos de fibra de izote que se han encontrado en México se localizaron en el área de Tamaulipas con una antigüedad aproximada de 4 mil años. En los límites de la alta montaña, hacia los 2 mil metros el terreno está colonizado por bosques de pino y encino, donde abundan venados y jabalíes.

Hace unos 9 mil años, era común alimentarse de chapulines, larvas, reptiles y roedores. La caza mayor la formaban el venado y el berrendo. Era notoria

la mejora en las lanzas ahora con puntas de pedernal, obsidiana, cuarzo, sílex. También durante esa época aparecen los instrumentos de molienda, los metates y manos de metate para triturar semillas, producir masas. Se usaban las canastas de material fibroso que se usaban para hervir harinas poniendo piedras calientes debajo de ellas.

Los otros pobladores que tomaron por el rumbo de las costas mexicanas, se encontraron con el Golfo de México con una densa población de tortugas y peces que fueron utilizados primero como alimento y luego como ornato y herramientas. Lo mismo sucedió en el Pacífico con los peces, abulones, langostas, cangrejos, camarones, tortugas de mar, caracoles, ostiones, almejas de todo tipo de manera tal que algunos pueblos de Baja California les llamaban “concheros” por el amplio uso de los bivalvos. En la Costa de Nayarit, la selva tropical llega a los linderos de las playas separados sólo por los manglares. Ni que decir de las aves y de los herbívoros que vivían en esos ecosistemas y que constituían la caza menor.

En esa época, en opinión de Fernando Ortiz, el impacto de las actividades humanas sobre el ambiente fue mínimo. La extracción de recursos, la caza y la pesca y la recolección se daban a un ritmo inferior al de la propia capacidad de autorregulación del medio ambiente.



Figura 2.25 Cacería del mamut.

La agricultura

En México se dio la agricultura a partir del año 6 500 a.C. La domesticación de las plantas sirvió como base de sustento diario, pero también, el ser humano se vuelve sedentario, inventa la cerámica, domestica animales y tiende

a crear sociedades complejas. Aparecieron técnicas de cultivo diversas: la roza en el bosque tropical (talar, secar y quemar), el barbecho en las tierras templadas y frías (talar, quemar y descansar) y la agricultura de carácter intensivo (terrazas, chinampas, riego) en áreas propicias de montañas, ríos y lagos.

Se produjeron grandes cambios demográficos y sociales, dando como resultado el hecho de que Mesoamérica cayó en crisis por la concentración urbana, las jerarquías sociales, militarismo agresivo. Los mesoamericanos lograron lentamente sustituir los ecosistemas naturales en agrosistemas incluso con obras hidráulicas.

Reproducían el maguey, a partir de un pedazo de la misma planta que se introduce en la tierra. Esta reproducción vegetativa es por esqueje. También en las costas se practicó la agricultura vegetativa utilizando tubérculos. Los mejores ejemplos son la yuca (mandioca) y el camote (papa dulce). Luego se pasó a la reproducción de gramíneas que abundan en las orillas de los lagos y ríos, cuidando la plantación, la germinación y la recolección. Se seleccionaban las mejores semillas para seguir cultivando, es decir, se desarrolló una selección artificial.

El caso más excepcional es el del maíz, que 7 000 años a.C. la mazorca era apenas de unos 2.5 cm de largo. Seleccionándola artificialmente durante unos 6 mil años había aumentado su tamaño hasta 10 centímetros y sus granos eran más gruesos. La agri-

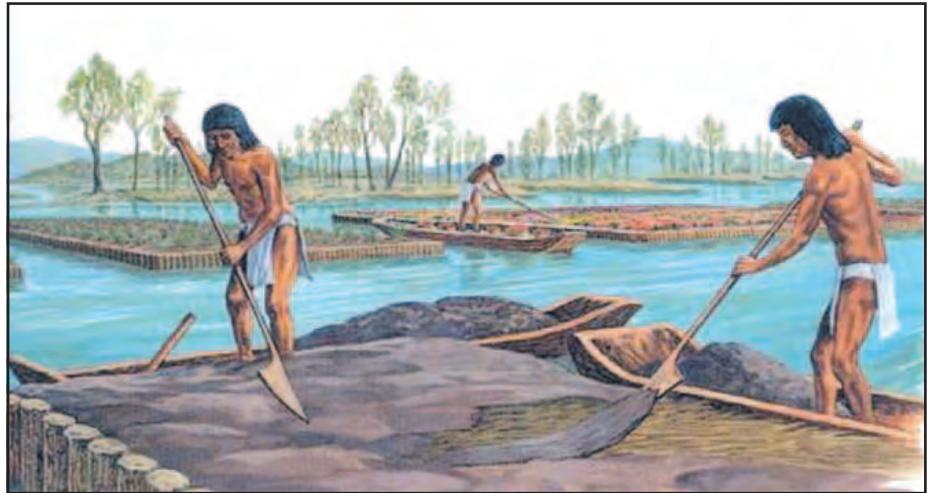


Figura 2.26 Construcción de chinampas.

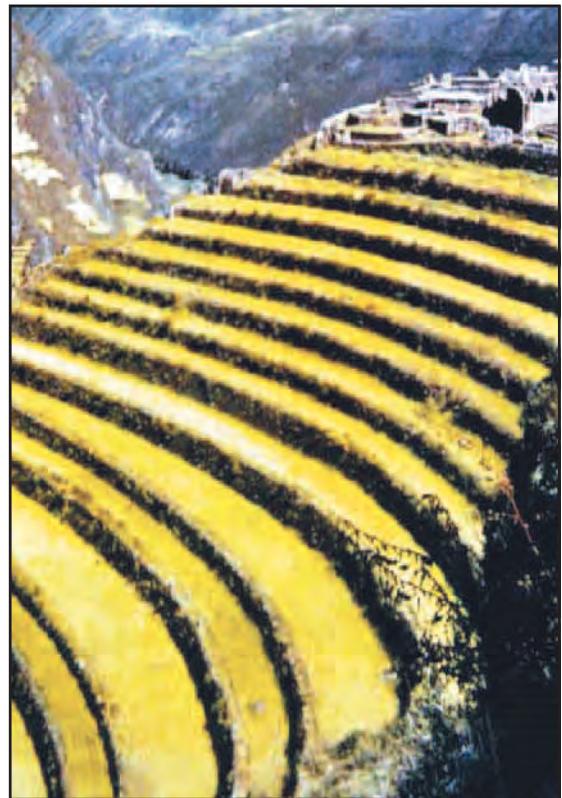


Figura 2.27 Fotografía de una terraza.

cultura significa un dominio del ser humano sobre la naturaleza.

El período llamado Clásico que abarca desde 100 a.C. hasta el 900 d.C. se inicia con un amplio desarrollo, pues ya se disponía de todo el rango de plantas cultivadas, se usan las chinampas y las obras de riego. Se desarrollan las ciudades y la agricultura empieza a orientarse al monocultivo. El cacao y el algodón se cultivan con fines comerciales. Teotihuacán, Texcoco, Monte Albán, El Tajín, Chichen Itzá, Petén, Palenque alcanzaron su florecimiento debido al auge de la agricultura como uno de los factores importantes de desarrollo. El conocimiento de la flora era muy rico y existen datos en el Códice Borgia donde fueron catalogados todo tipo de animales como mariposas, alacranes cochinillas, serpientes, ciempiés, colibríes, lagartijas, venado, conejo, cocodrilo, monos y especies del mar como la mantarraya.

Posteriormente se da el declive de las ciudades, se abandonaron los centros de población. Las razones que explican las crisis de estas sociedades son múltiples pues se presentaron luchas civiles, guerras, invasiones, grandes migraciones a otros asentamientos que desestabilizaron la agricultura y el comercio. Recientemente se habla de un cambio climático y una sequía que asoló algunas áreas con una posible duración de 150 años.



Figura 2.28 *El izote o yuca.*

Época minera y agropecuaria

Comprende desde el descubrimiento de América por los españoles en 1492 hasta la fecha de introducción de la primera máquina textil en 1826.

Con la conquista española se dieron fuertes cambios en México, entre ellos se pueden citar los demográficos, culturales-religiosos, urbanos y de salud (cítese por ejemplo que las epidemias arrasaron a dos tercios de la población en los primeros 60 años de colonización), etc. Todo esto sumado al saqueo y explotación de recursos naturales lo que provocó una verdadera crisis social a México.

El descubrimiento de los ricos yacimientos de plata dio una fuerte aceleración al progreso de muchas nuevas ciudades, pero para hacer funcionar una mina se requieren grandes cantidades de madera para combustible de fundición y edificación de las propias minas y palacios de los caciques mineros. El mercurio utilizado en extracción y refinación de la plata envenenó y debilitó a una gran cantidad de trabajadores. Además, se abrieron nuevas vías de comunicación talando los bosques que en esos lugares había.

Los españoles trajeron de ultramar una gran cantidad de especies vegetales y animales que aquí no existían, de las cuales algunas se aclimataron sin ningún problema, sin embargo, hubo otras especies que afectaron a los ecosistemas originales. El ganado, por ejemplo, acabó con los pastos naturales, dejando desnudo el terreno y deteniendo el proceso natural de regeneración. La agricultura se transformó en monocultivo, que hizo más propenso el ataque de plagas, y los suelos se debilitaron y erosionaron por el arado profundo. Todos estos efectos sumados dieron como consecuencia una disminución de los terrenos fértiles.

Se reporta la explotación acelerada de una serie de recursos naturales como las maderas preciosas, tintóreas, plantas medicinales, oro, plata, sin tomar en cuenta su agotamiento o la capacidad de regeneración de los ecosistemas, que a decir verdad esa capacidad era muy alta y aún se podía hablar de sostenibilidad de los ecosistemas, no así en la minería que muy pronto se agotaban las minas y había que buscar nuevos recursos para ser explotados.

Europa obtuvo de América, principalmente de México, productos como el maíz, la papa, el tomate, el frijol, el tabaco, el cacao, la yuca, el cacahuate, el mamey, el aguacate, el zapote, la piña, la guayaba, y otros.

México recibió diversos productos de Europa que vinieron a ampliar la dieta. Los primeros cultivos y animales introducidos fueron: La naranja, el trigo, la caña de azúcar (en 1530 ya había un ingenio en Morelos), gusano de seda, el lino y el cáñamo, la palmera dátil, el plátano, el mango y el jengibre, y otros posteriores como la uva, el olivo, el café, ciruela, arroz, manzana, pera, durazno, higo, limones, membrillo; hortalizas como la zanahoria, cebolla, lechuga, apio, betabel, acelgas, espinacas, etc., y la ganadería donde se contaban las vacas, los puercos, ovejas, cabras, burros, y el caballo, además de aves como la gallina. Todos estos cultivos y animales se desarrollaron a punta de golpes y explotación, pues los indígenas no sabían cultivar esas especies desconocidas como es el caso del trigo, y para la ganadería se realizaron grandes despojos de tierra para poder desarrollarla.

En esa misma época es notable el caso de saqueo de la perla del Golfo de California, además de las joyas y objetos preciosos de los indígenas que fueron robadas para fundirlas.

Las maderas preciosas y tintóreas (palo de Campeche y de Brasil, cuyo saqueo llegó hasta los valles de Culiacán), plantas medicinales, plata y oro, cobre y estaño (estos últimos para producir cañones) fueron saqueados sin miramiento alguno.

Ningún producto de exportación de la Nueva España llegó a ser más importante que la plata. Para su fundición la mayor necesidad era el carbón, por lo que los bosques de las cercanías inmediatas a lugares como Zacatecas desaparecieron en los primeros años de explotación minera. En 1568 se expidió un decreto para controlar la tala de árboles para hacer leña, en especial del encino y mezquite que eran los árboles que más abundaban. La madera también se siguió utilizando durante mucho tiempo para la construcción de techos y maquinaria.

También se desarrolló la ganadería dadas las inmejorables condiciones de suelos, climas y pastos, y además, la no existencia de competidores por los pastos. Los caballos fueron los primeros en llegar, luego los perros y los puercos. Los indígenas

rápidamente criaron puercos. Desde 1522 Cortés mandó traer vacas, puercas, ovejas, cabras, asnas, yeguas. A fines del siglo XVI ya se habían aclimatado todas estas especies. Nótese que las cabras y las ovejas amenazan constantemente los bosques, pues no sólo consumen pastos, sino también los retoños que forman parte de la reforestación natural. El ganado acabó con muchos de los pastos naturales y sin posibilidades de regeneración.

La introducción de una serie de cultivos como la caña de azúcar, el olivo, uva, el lino, cáñamo y los nuevos instrumentos de labranza como el azadón, hachas, arado y las técnicas de cultivo como cultivos rotativos, abono con estiércol que no fueron desastrosos por separados, pero su efecto combinado con la cría de animales y la deforestación terminaron por erosionar los campos de la nueva España.

Los indígenas seguían consumiendo maíz, frijol, chile y el maguey, la chía y el amaranto. Estos dos últimos decayeron en su producción. Esta alimentación se combinaba con la pesca, la caza y animales de cría doméstica. Los españoles con fines deportivos mataban osos, venados, felinos salvajes, etc.

Se desarrolló la industria maderera, la carpintería y la ebanistería, un arte que cubría las necesidades de elaboración de objetos religiosos y domésticos como los retablos, bancas, vigas, puentes, puertas, mobiliario e incluso embarcaciones.

El mayor efecto desastroso que sufrieron los indígenas en la colonia fue el descenso de su población. El papel que jugaron las enfermedades epidémicas fue mucho más significativo que los otros factores. Ninguna de las epidemias fue claramente identificada, pero se ha pensado que fueron la viruela, tifo, paperas, encefalitis y rabia. A esto debemos sumar las labores excesivas, los tributos exagerados, los malos tratos, los cambios geográficos de la población con la imposición de nuevos hábitats y costumbres, trajeron consigo un desgano vital que se tradujo en una voluntad expresa de interrumpir los nacimientos y de rehusarse a la procreación. Hubo casos de suicidio colectivo y de abstinencia conyugal, como actos desesperados de la población autóctona. La población indígena antes de la llegada de los españoles para el México central se estima en 25 millones para 1519; 16 para 1523; 2.6 para 1548; 1.3 para 1595 y sólo un millón para 1605, es decir, el 4% de la población. La población indígena se empieza a recuperar a partir de 1646, pues para 1810 se calcula en 3.6 millones.

Con la presencia de los españoles en México se puede observar que hubo cambios importantes en el uso de los recursos naturales. Se puede citar el caso del valle de México, lugar que fue la base del centro económico y político donde se trataba de imponer los modelos españoles de vivienda, agricultura y cultura. Existía en este valle un sistema lacustre ingeniosamente utilizado por los indígenas que a los españoles no les gustó y decidieron secarlo por medio de desagüe. Para proteger la ciudad de las inundaciones, se construyeron nuevas presas, se rellenaron los canales de Tenochtitlán, se introdujo el tráfico de carretas, tranvías de mula y se minimizó el uso de las canoas originales del lugar. Los españoles desviaron varias corrientes de agua que servían para abastecer a algunos pueblos y fue necesario almacenar agua en aljibes. Para resolver el problema de la carestía de agua se construyeron grandes acueductos, pero pronto se empezó a resentir el problema del agua en los pueblos porque los acueductos eran para las haciendas. La única ruta de canoas que mantuvo su nivel de agua

fue la de Xochimilco a Chalco. Estas rutas servían para transportar las mercancías de diferentes regiones.

De 1826 a 1940 en México ya se encontraban áreas que habían sido devastadas como los bosques de las cercanías de los centros mineros. Los campos agrícolas empezaban a dominar el paisaje y tendían al monocultivo, lo cual fragiliza los suelos que perdieron mucha de su



Figura 2.29 Xochimilco en la actualidad.

fertilidad, las plagas aparecían y la erosión comenzó a hacer estragos. Algunas especies introducidas entraron en competencia con algunas ya existentes, desplazándolas, modificando los ecosistemas ya que estas especies introducidas no evolucionaron junto con las demás especies de los ecosistemas mexicanos.

Industrialización de México

La utilización de la fuerza expansiva del vapor de agua como fuente de energía de una máquina marca el primer paso de lo que sería una nueva revolución, la revolución industrial: el maquinismo. Mediante las máquinas se producía más bienes con costos menores, se revolucionó el transporte y las comunicaciones haciéndolos más rápidos y eficientes. Transformó la agricultura, la ganadería y la pesca elevando la producción y reduciendo costos, pero destruyendo de una manera más rápida nuestros recursos y calidad de vida.

Aumentó la población y la demanda de recursos era más alta: más alimentos, más materiales para vivienda, más materias primas para sus industrias y sus medios de transporte como los trenes y los barcos de vapor. Se permitió explotar nuevas regiones antes vírgenes y con un balance natural que fue roto al cuidar sólo el beneficio del explotador.

En México, el período de industrialización va desde 1826 hasta 1940. Surgen las fábricas, principalmente las del ramo textil, que usaban como fuente de energía la máquina de vapor, la cual era alimentada con leña que traían desde los bosques circundantes.

En 1843 se establece en Sayula una fábrica de papel con tecnología moderna, aún cuando a mediados del siglo ya existían las fábricas de papel.

La primera desfibradora de henequén se diseñó en 1852, aunque las de uso industrial con máquinas de vapor y eléctricas las desarrollaron hasta 1882.

En 1859 se patentan los molinos de masa y nixtamal, y las tortilladoras hasta 1884. El caso del azúcar es llamativo, pues a pesar de que se aprovechaba el bagazo de la caña como combustible, los ingenios consumían una gran cantidad de leña, con la consecuente destrucción de los bosques.



Figura 2.30 Fotografías que nos muestran una desfibreadora de henequén y plantas de henequén.

Además de acarrear las desventajas del monocultivo, la industria del azúcar es un factor de contaminación del medio ambiente, particularmente del agua, pues a ella van a dar los residuos de las sustancias químicas usadas en su proceso como el ácido sulfúrico y el hidróxido de sodio, grasas y detergentes. Se emiten a la atmósfera gases, humos, vapores y cenizas de las chimeneas de las calderas.

Para 1865 ya había unas 15 fábricas azucareras modernas que usaban la máquina de vapor, además de las instalaciones en Puebla de las dos primeras industrias cerveceras.

A partir de 1873, fecha en que se inaugura el ferrocarril México-Veracruz, se acelera el desarrollo industrial, se modernizan las técnicas de explotación minera y se explotan nuevos recursos naturales como los metales industriales como el cobre, el plomo, el antimonio, el mercurio y el zinc.

La utilización de la máquina de vapor se extiende, aunque después es sustituida por el motor eléctrico. Llega el telégrafo en 1849, el teléfono en 1880, los barcos de vapor, los trenes y los automóviles con motores de combustión interna. Surge, como consecuencia, la contaminación industrial. Se abren más caminos y se instalan vías férreas en gran parte del territorio nacional.

El primer sitio donde se aplicó electricidad en minería fue en el real de Batopilas Chihuahua en donde se instalaron en 1889 dos turbinas hidroeléctricas. La electricidad reduce los costos de operación.

En 1903 se iniciaron las obras de construcción



Figura 2.31 Central hidroeléctrica.

de una central hidroeléctrica para aprovechar las caídas de agua de los ríos Necaxa y Tenango en Puebla.

En 1901, la Compañía Mexicana de Petróleo El Águila, comenzó a perforar el primer pozo de petróleo a nivel industrial en la Huasteca.

Una novedad de la época fue la llegada, en 1898 de cinco automóviles al puerto de Veracruz, y 26 años más tarde ya había 45 mil vehículos en la capital.

Para 1940, el país cuenta con una buena infraestructura de caminos, ferrocarriles y vías férreas. Esto permitió que los recursos naturales fueran susceptibles de explotación comercial, lo cual hizo que creciera la economía y que hubiera más alimentos y bienes manufacturados y empleos para la creciente población mexicana. Sin embargo es alarmante el ritmo de crecimiento de la explotación de los recursos porque los no renovables tienen un límite de producción, mientras que los renovables se explotan a un ritmo mayor que la recuperación natural de los ecosistemas.

Posterior a 1940, el paisaje está dominado por los grandes sistemas agropecuarios, se abrieron aún más caminos, permitiendo que los ecosistemas no alterados por la acción del humano, se volvieron susceptibles a su explotación.

Las ciudades son sistemas que dependen por completo de los ecosistemas de fuera y que requieren grandes suministros de materia y energía. La erosión, contaminación, la destrucción de las áreas naturales, especies en peligro de extinción forman parte de las cosas comunes en México.

De 1940 a la fecha, los mexicanos y extranjeros han explotado los recursos naturales con intensidad. La atmósfera ha sido contaminada, en la superficie terrestre y en



Figura 2.32 Fotografía del Cañón del Sumidero localizado a 5 km de Tuxtla Gutiérrez, en el Estado de Chiapas. Este cañón tiene un acantilado cuya altura es de unos 1000 metros que se levanta sobre el cauce del río Grijalva. Desde 1980 es un Parque Nacional.



Figura 2.33 *Fotografía del mismo Cañón del Sumidero pero lamentablemente contaminado con basura que arrastra el río.*

los mares se han tirado grandes cantidades de residuos y basuras de todo tipo y se continúa abriendo las venas del subsuelo para extraer minerales y petróleo como nunca antes, y además, las ciudades han crecido de manera acelerada creando concentraciones urbanas excesivas.

A mediados del siglo XX se han alzado voces denunciando que la Tierra en lo general y en nuestro país, en lo particular los recursos están disponibles de una manera fi-

nita, es decir, limitada. Que el aumento de la riqueza y el supuesto aumento del bienestar humano sólo se logran destruyendo los recursos naturales y la condición paisajística, contaminando suelo, agua y aire, y en general, disminuyendo la biodiversidad, deteriorando las condiciones de vida de la población humana.

Actividades

1. Después de observar la película titulada *El planeta y su status* producción de BBC/Discovery, cada alumno entregará al profesor la siguiente ficha.

Ficha técnica para el análisis de material videográfico.

Nombre del alumno: _____

Asignatura: _____

Título del video: _____

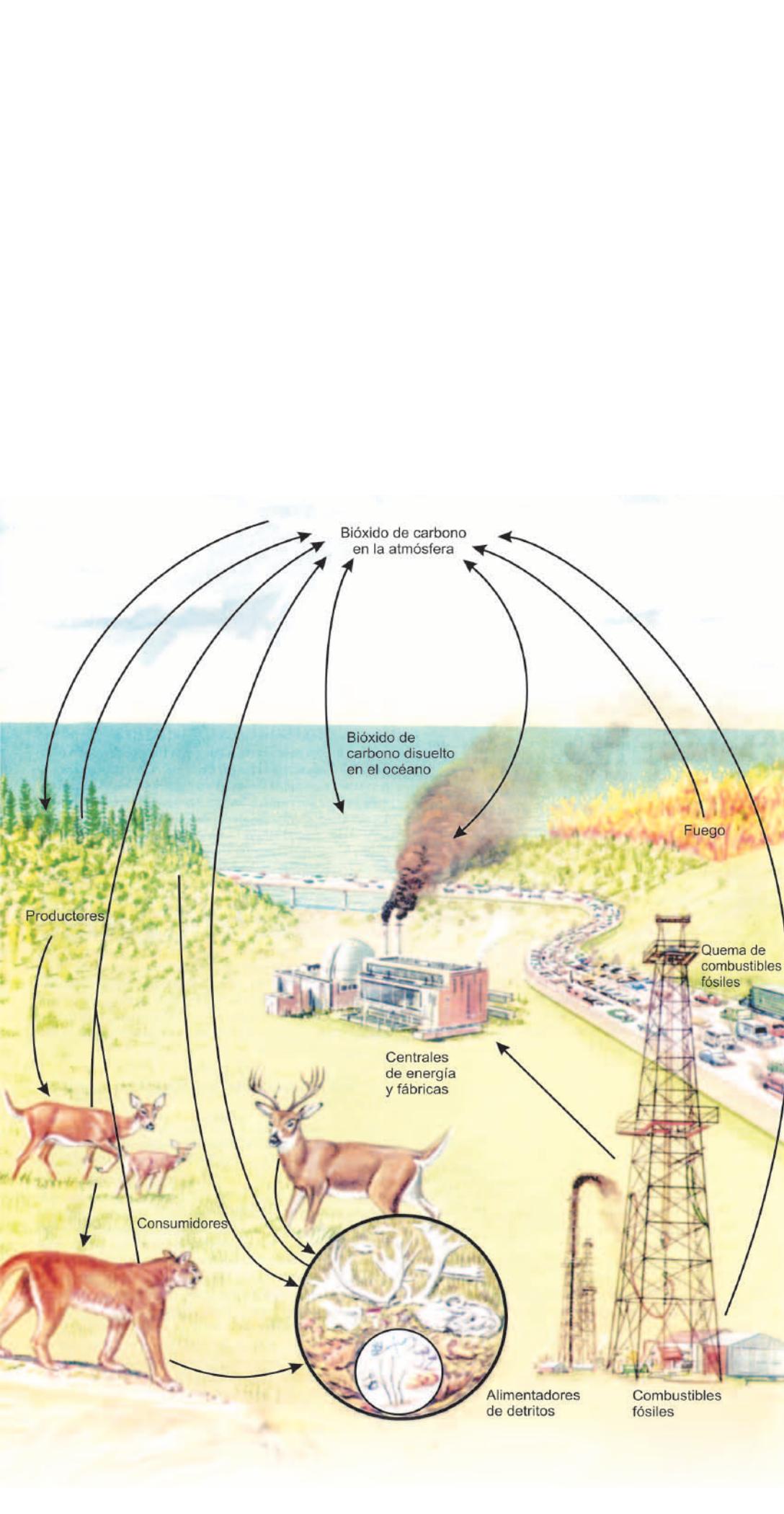
Fecha: _____

Temática principal

Contenidos del curso que trata el video

Comentarios (¿Qué conocimientos refuerza el video?)

2. Enlista las posibles causas más importantes que condujeron al desastre a las siguientes sociedades: Imperio Maya, aborígenes de la Isla de Pascua, Sumeria y el Antiguo Egipto.



UNIDAD 3

RELACIONES ECOLÓGICAS

La biósfera

Actualmente los científicos tienen identificados y clasificados más de 1.7 millones de organismos diferentes, aunque creen que esta cantidad pueda ser de hasta 10 millones, por lo que hay muchísimos organismos que faltan por descubrirse. Todos estos organismos viven en una región de la Tierra que se extiende desde el piso del océano hasta aproximadamente 8 kilómetros en la atmósfera. Esta región es llamada “biósfera”; la biósfera incluye toda la tierra, agua y aire en los cuales los organismos viven.

Los organismos obtienen de la biósfera todos los recursos que necesitan para la vida; cada organismo o ser vivo dependen de otros organismos y de su ambiente físico para su supervivencia. Por ejemplo, los organismos dependen del oxígeno, del bióxido de carbono, del agua y de los alimentos para poder sobrevivir. También los organismos encuentran compañeros en su ambiente, lo que les permite asegurar su descendencia. Aun los seres humanos, quienes raramente son ingeridos por otros animales, proveen nutrientes para bacterias, hongos y muchos parásitos. La energía para mantener la vida entra a la biósfera proveniente del sol.

Las fuentes o recursos naturales son los productos del ambiente usados por los seres vivos; estos recursos naturales pueden ser vivientes o inertes. Las partes vivientes del ambiente son llamados **factores bióticos**. Los factores bióticos incluyen plantas, animales, hongos, en fin, todos los organismos existentes en nuestro planeta. Agua, suelo, luz, espacio de vida y temperatura son las partes inertes que el ambiente proporciona a un organismo. Estas partes inertes o físicas del ambiente son llamados **factores abióticos**.

Ecosistemas

El ecosistema es cualquier área de la biósfera en la que las poblaciones de una comunidad (factores bióticos) interactúan entre sí y con el medio abiótico, en esta interacción hay un flujo de energía y un reciclado de materiales.

Partiendo de un mayor a menor tamaño, los ecosistemas pueden ser: macroecosistemas, como los océanos y los mares; mesoecosistemas, como las selvas y bosques, y microecosistemas, como un acuario o un pequeño estanque. Aunque estos límites



Figura 3.1 La biósfera es la capa delgada de la superficie terrestre donde habitan los organismos vivos. Comprende la hidrósfera, la litósfera y parte de la atmósfera.

pueden llegar a ser poco definidos, dan una idea de que los ecosistemas son unidades funcionales de diferente tamaño en donde existen sustancias abióticas y seres vivos (productores, consumidores y descomponedores), interactuando de manera permanente y sostenida. Así pues, “el ecosistema es la unidad funcional fundamental de la ecología”. De acuerdo con este concepto, la biósfera está compuesta por una gran cantidad de ecosistemas pequeños, medianos y grandes.

Los macroecosistemas y los mesoecosistemas son estudiados más adelante como biomas marinos y terrestres, respectivamente.

Nicho ecológico

Todos los organismos tienen un espacio físico para vivir y, además, tienen una función ecológica que desempeñar en dicho espacio durante su interacción con otros seres vivos. El **nicho ecológico** de un ser vivo es el rol o papel ecológico que desempeña dentro de su ecosistema. Por ejemplo, el nicho ecológico de una mojarra que se alimenta de fitoplancton es el de ser consumidor primario en el río o estanque donde vive. El fitoplancton del mismo estanque tendría el nicho ecológico correspondiente a los productores. En general, se puede hablar de nicho ecológico de los productores, de los consumidores o de los descomponedores.

El reconocimiento de los nichos ecológicos desempeñados por los organismos de un ecosistema dado es muy útil para comprender cómo está compuesto y cómo funciona dicho ecosistema.

En cambio, el **hábitat** se refiere al área específica del medio físico en que vive un organismo, mismo que puede ser compartido por otros seres vivos. Retomando el ejemplo anterior de las mojarra, el hábitat de estos peces es precisamente el agua dulce de ríos y lagos. Si hacemos una analogía, el nicho será la profesión de un organismo y el hábitat, su domicilio.

El ambiente físico

La luz solar, agua, aire, suelo y minerales son todos factores abióticos que afectan la sobrevivencia de organismos en un ecosistema. ¿Qué tienen todos esos factores en común? Aparte de ser inertes, todos están relacionados al clima de alguna manera. **Clima** es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracteriza una zona geográfica por un largo período de tiempo.

Clima

El clima juega un rol importante en determinar la distribución de los organismos en la biósfera. La precipitación, junto con luz solar, por ejemplo, determina los tipos y números de plantas que un área puede soportar. Esta vida vegetal, a su vez, determina qué otros

tipos de organismos puede soportar el área. Los dos principales factores que determinan el clima de una región son temperatura y precipitación. Los patrones de precipitación para un área están afectados por temperatura, altitud, y proximidad o cercanía al agua. Dependiendo de la influencia de esos factores, la precipitación cae a la tierra como lluvia, nieve o granizo.

Temperatura

El sol es importante para los organismos no solamente por proporcionar la energía luminosa para la fotosíntesis, sino también porque calienta la Tierra y provee las temperaturas a las cuales cada organismo puede vivir. No todas las partes de la tierra reciben la misma cantidad de luz solar, a causa de la curvatura de la Tierra, el ecuador recibe más energía luminosa que las regiones al norte y al sur. Debido a que reciben diferentes cantidades de energía luminosa, estas áreas tienen diferentes temperaturas. Esas diferencias de temperatura son el factor fundamental que determina la distribución de los organismos en la Tierra.

La temperatura de un área está determinada principalmente por la latitud y la altitud. La latitud de un área es su distancia norte o sur del ecuador en grados; altitud es la altura de un área sobre el nivel del mar.

La cercanía al agua también puede afectar la temperatura de un área; las brisas de un océano a un lago, por ejemplo, tienden a causar veranos más fríos e inviernos más suaves o más templados en áreas cercanas.

Latitud

La latitud del ecuador es cero grados (0°); mientras te alejas hacia el norte o sur del ecuador, la latitud se incrementa y la temperatura decrece. Los lugares con las más altas temperaturas están generalmente localizados en o cerca del ecuador, mientras que aquellos con las temperaturas más bajas están localizados en los polos.

La latitud determina el ángulo con el que llega la energía solar a la Tierra. En el ecuador, la luz solar le llega a la superficie terrestre casi en ángulo recto, haciendo que el clima sea constantemente tibio. Más hacia el norte o hacia el sur, los rayos del sol inciden con un ángulo mayor, que hace que la

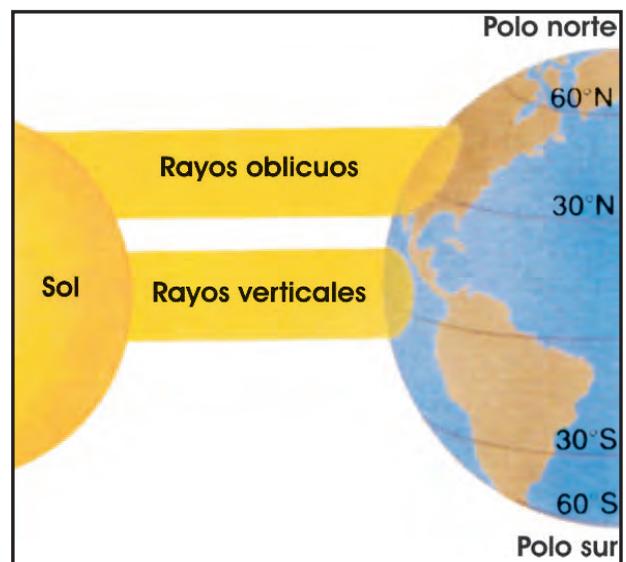


Figura 3.2 La luz del sol es cinco veces más fuerte en el ecuador que en los polos debido a que la superficie terrestre es curva y porque el eje de la tierra está inclinado.

misma cantidad de luz solar se extiende sobre una superficie mayor y produzca temperaturas en general más bajas (figura 3.2).

Para entender el efecto de la latitud en el clima, imagina que estás viajando desde el ecuador hacia uno de los polos, como se ilustra en la figura 3.3. La región más cercana al ecuador es llamada “zona tropical”. La zona tropical se extiende desde el ecuador a 0° de latitud, hasta cerca de 30° de latitud norte y sur. Las temperaturas en la zona tropical son constantes y cálidas, con una temperatura media anual de 18°C . Así, la zona tropical experimenta poco cambio estacional.

A causa de las temperaturas cálidas de la zona tropical, la mayoría de la precipitación cae como lluvia o llovizna. Las selvas en estas áreas tropicales pueden recibir muchos metros de lluvia por año.

Al norte y sur, más allá de la zona tropical, está la zona templada. Los límites generales de la zona templada se extienden de 30° de latitud norte y sur, a cerca de 60° de latitud norte y sur. La temperatura promedio en esta zona es de no más de 18°C en los meses más cálidos. La zona templada tiene cambios de temperatura notables que marcan la diferencia entre verano e invierno. En verano, la mayoría de la precipitación cae como lluvia o llovizna y, a menudo, es frecuentemente acompañada por fuertes vientos y tormentas. En invierno, la precipitación cae principalmente como nieve y lluvia helada.

Las temperaturas son mucho más frías al norte y al sur de la zona templada. Esta región es llamada la zona ártica. Como las temperaturas en la zona ártica son frecuentemente menores de 10°C , los inviernos son severos; los veranos son cortos y fríos. Los polos están localizados en los puntos más al norte y más al sur en la zona ártica, donde la temperatura casi nunca se eleva por encima del punto de congelación. Como las temperaturas en los polos son muy bajas, toda precipitación se presenta en forma de nieve. En esos lugares la nieve y el hielo pueden cubrir profundidades de hasta 1 kilómetro.

Altitud

Recordemos que la altitud es la altura sobre el nivel del mar; mientras la altitud se incrementa, la temperatura tiende a decrecer. Así, las variaciones en el clima ocurren con los cambios en la altitud, justo como lo hacen con la latitud. Pero las zonas de climas creadas por altitud no son idénticas a las creadas por latitud. Un cambio en altitud afecta la temperatura, una caída de 2°C por cada 300 metros de incremento.

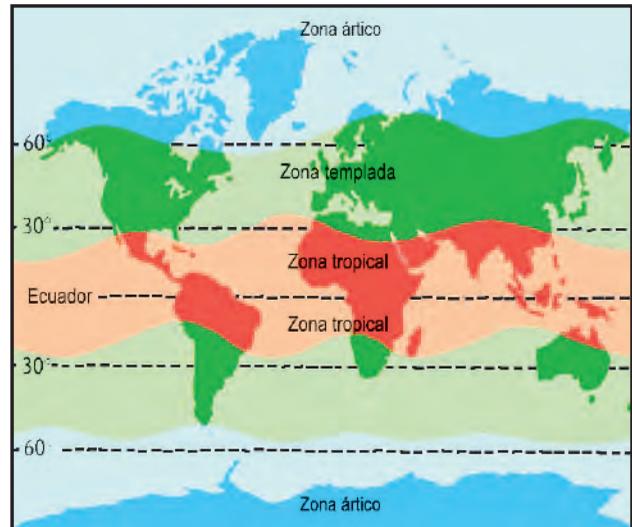


Figura 3.3 Observa que las fronteras de las zonas climáticas no son exactamente paralelas a las líneas de latitud.

Imagina que una montaña está localizada en el Ecuador. ¿Cómo esperas que el clima cambie mientras vas subiendo la montaña? A causa de la localización de la montaña, el clima a nivel del mar es tropical. A una altura cercana a 400 metros, la temperatura empezará a cambiar de la típica de verano a temperatura templada. Las temperaturas empezarán a alcanzar las temperaturas de invierno de la zona templada a una altura de aproximadamente 900 metros. En el pico más alto, existen condiciones de zona ártica. Las temperaturas son tan bajas que los árboles no crecen y el suelo está cubierto a menudo con hielo y nieve.

Suelo y minerales

El suelo es la capa superior de la superficie de la tierra en la que crecen las plantas. La naturaleza del suelo (su composición química, textura, y profundidad) está determinada grandemente por el clima y los organismos que viven en él. El suelo está formado por pedazos de roca, minerales y materia orgánica llamada “humus”. El **humus** es la capa superficial del suelo constituida por los restos degradados de plantas y animales. El humus es una parte esencial del suelo porque contiene el material orgánico que lo enriquece y determina su fertilidad. Los minerales en el suelo están determinados por la roca de la cual está formado el suelo.

La formación del suelo es lenta y se inicia con un proceso mecánico en el cual se rompen o se fragmentan las rocas en pequeñas partículas minerales. Esta fragmentación de la roca puede ser causada por el viento, la lluvia y la temperatura. Por ejemplo, el agua se colecta en grietas dentro de las rocas. Por los cambios de temperatura, el agua puede congelarse y después derretirse. Los cambios de la repetición del proceso de congelamiento y derretimiento romperán gradualmente las rocas.

El suelo es importante en muchas formas para los organismos terrestres; la mayoría de las plantas dependen del suelo para mantenerse en un lugar. El suelo es también la fuente de agua y minerales que las plantas requieren. Además, el proporciona un espacio de vida para muchos organismos como bacterias, protozoarios, hongos, algas y animales. Entre estos últimos se encuentran las lombrices de tierra y muchos otros animales más grandes. Todos estos organismos también ayudan al suelo, por ejemplo, las bacterias y los hongos que viven en el suelo lo degradan químicamente. Las lombrices de tierra y animales de madriguera airean (suministran aire) al suelo y lo enriquecen con sus excreciones.

Los mismos factores del clima que construyeron el suelo pueden también servir como agentes de destrucción del mismo. Por ejemplo, los minerales pueden ser disueltos y lavados por la lluvia, la nieve o el hielo derretido. El viento puede acarrear fácilmente el suelo superficial suelto de un lugar a otro. El viento, el agua o el hielo son agentes que causan erosión. La **erosión** es la remoción y arrastre de las partículas del suelo. Puede ser ocasionada, como ya vimos, por el agua (erosión hídrica) o por el viento (erosión eólica). La erosión del suelo causada por el agua y el viento se lleva a cabo principalmente después de ciertas actividades humanas como son el sobrepastoreo, la deforestación y las prácticas agrícolas no sostenibles. Estas actividades, en los últimos cincuenta años

han ocasionado que se erosionen más de 12 millones de km², una cifra muy grande que equivale a más de seis veces la superficie total de nuestro país. Es muy importante que no se destruyan los suelos, pues su recuperación en muchas ocasiones es imposible, causándose la desertización.

Luz

La luz solar es la fuente de energía para casi todos los ecosistemas. Las plantas necesitan luz solar para llevar a cabo la fotosíntesis. Las áreas de la tierra más cercanas al ecuador reciben más luz solar y lluvia que las áreas cercanas a los polos. La pérdida de luz solar y lluvia cerca de los polos crean condiciones no favorables para la mayoría de las plantas. Como resultado, la vida vegetal cerca de los polos es escasa.

Debido a que la luz no puede penetrar a grandes profundidades en el agua, la mayoría de las algas viven cerca de la superficie en los ecosistemas acuáticos.

Agua

Todos los organismos necesitan agua; el agua es importante como un medio en el cual muchos organismos viven. Los organismos que viven en un lago, río o el océano están adaptados para vivir en el agua y no podrían vivir en el medio seco del aire. Si consideramos funciones tales como intercambio de gases, excreción, y locomoción, entenderemos por qué los organismos acuáticos no pueden llevar a cabo esas funciones en la tierra.

El agua es crucial para los organismos en otras formas. Es el componente principal del citoplasma y de los fluidos que bañan a las células, es también la sustancia en la cual numerosas reacciones metabólicas se llevan a cabo.

Como el agua es muy importante para los organismos vivos, la disponibilidad de agua puede afectar la distribución de plantas terrestres. ¿Por qué? Las plantas requieren agua para realizar la fotosíntesis, y plantas tales como musgos y helechos también necesitan al menos una película delgada de agua en la cual los espermatozoides pueden nadar hacia los óvulos. La cantidad de agua en la tierra es controlada por la lluvia. La cantidad de lluvia, en combinación con la temperatura, determina el tipo de planta que será dominante en un área dada. Por ejemplo, los bosques son comunes en áreas que reciben 75 cm o más de lluvia por año. Sin embargo, en regiones donde la lluvia está entre 25 y 75 cm por año, son comunes los pastizales. El agua es escasa en regiones desérticas, y las plantas que viven en tales ecosistemas están adaptadas para obtener y conservar la pequeña cantidad de agua que está disponible. Así, la disponibilidad de agua es un factor limitante. Los tipos de plantas en un área determinan, a su vez, la vida animal en esa área. Sabemos que el agua es constantemente reciclada mientras los organismos llevan a cabo la respiración celular. Sin embargo, este proceso es sólo un aspecto del ciclo del agua.



Figura 3.4 Selva tropical.

Biomas

Los **biomas** son las áreas de la biósfera que pueden ser identificadas por especies de plantas y animales dominantes. Los biomas se clasifican en terrestres y acuáticos. Estos últimos se dividen a su vez en dulceacuícolas y marinos. Los biomas marinos contienen muchas más sales disueltas que los biomas de agua dulce; los biomas terrestres son los más variados.

Las condiciones climáticas básicas de temperatura y lluvias son similares sobre áreas amplias, como lo son los biomas. Cada bioma tiene su propio rango de temperatura y cantidad de lluvias. Estas condiciones climáticas ayudan a determinar los tipos de organismos que pueden vivir en esta región.

Biomas terrestres

Los biomas terrestres son grandes extensiones de tierra con condiciones ambientales y comunidades de vegetación similares. Estos biomas generalmente reciben el nombre de la vegetación que predomina. En las siguientes páginas se hace una pequeña descripción de los principales biomas terrestres, comenzando por el ecuador y moviéndonos hacia el norte.

Selvas tropicales

Las selvas tropicales son encontradas en el ecuador o cerca de él; aquí llegan más verticales los rayos solares todo el año, originando temperaturas de hasta 40°C. Es una zona lluviosa (la cantidad de lluvia al año es de 250 a 400 cm), en la que no se distingue una estación de otra. Este bioma está dominado por árboles muy altos de hojas anchas y siempre verdes. Los árboles más altos forman un dosel denso de cerca de 50 metros de altura. Las condiciones de calor y humedad se combinan para crear el bioma con mayor diversidad de especies vivientes. A pesar de que sólo cubren de 6 al 7% de la superficie

terrestre, estas selvas probablemente contienen más de 50%, y quizás hasta 90% del total de especies del planeta. La mayor parte de los animales viven en los árboles y entre estos se incluyen un gran número de aves, monos e insectos.

En México, existen zonas de selva tropical en algunas zonas del sur del país, como Oaxaca Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo. Una de nuestras regiones selváticas de mayor importancia es la selva lacandona, ubicada en Chiapas. La riqueza biológica de la selva lacandona es muy grande, ya que una cuarta parte de los mamíferos del país están localizados en esta región. Actualmente, la porción de la lacandona se halla dentro de la reserva de la biósfera conocida como Montes Azules, la cual fue decretada como reserva en 1978. Algunos de los animales que viven en nuestras selvas mexicanas son el mono araña, jaguar, jabalí, tucán, perico, guacamaya, quetzal, lechuza, colibrí, cocodrilo, boa, una cantidad impresionante de insectos, etc.

Desiertos

Los desiertos son áreas extremadamente secas, donde la precipitación pluvial puede ser menor de 25 cm al año. Este bioma constituye aproximadamente 20% de la superficie terrestre encontrándose en todos los continentes, alrededor de los 30° latitud norte y sur. Los desiertos más comunes presentan una vegetación muy dispersa y áreas muy grandes de tierra desnuda. Pero algunos otros, como el desierto del Sahara poseen algunas áreas en las que nunca llueve, por lo que no hay vegetación, observándose solamente dunas de arena. Los desiertos son los biomas más cálidos, alcanzan temperaturas de hasta 54°C.

Tanto las plantas como los animales del desierto están adaptados específicamente para sobrevivir con poca agua. Las cactáceas almacenan agua en sus tallos y han reducido sus hojas a espinas, ya que estas presentan una superficie de evaporación mínima. Muchas plantas de desierto son anuales, es decir, pasan la mayor parte del tiempo en forma de semillas y solamente crecen cada año durante los cortos períodos de lluvia.

Los animales que viven en el desierto, también están especialmente adaptados a este clima. Por ejemplo, los reptiles y los insectos tienen cubiertas externas impermeables y sus excreciones como la orina son casi sólidas, es decir, la concentran. Los mamíferos pequeños como las ratas y ratones obtienen el agua que necesitan de las semillas y frutas de que se alimentan.

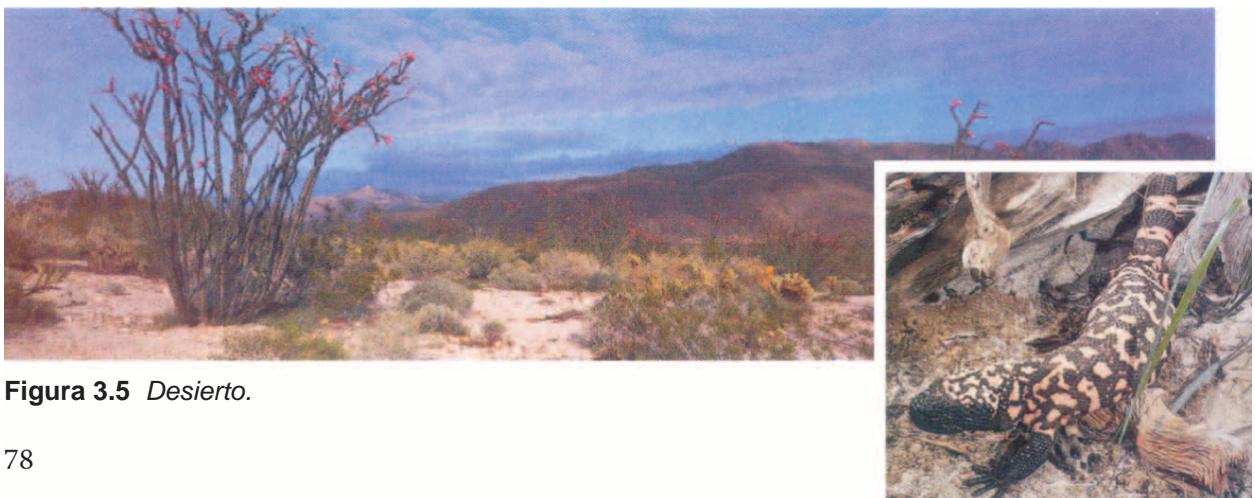


Figura 3.5 *Desierto.*

El desierto más grande del mundo es el Sahara, en África. Otros desiertos son el Australiano, el de Gobi, en Asia; el Atacama, en Chile; el de Arizona, en el suroeste de los Estados Unidos y en México tenemos dos grandes desiertos que están en el norte del país: el Sonorense y el Chihuahuense. El Sonorense abarca los estados de Baja California, Sonora y una parte del estado de Sinaloa. El desierto Chihuahuense se ubica en los estados de Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí y porciones de los estados de Durango, Nuevo León e Hidalgo. Este desierto se localiza entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental. Algunos animales de nuestros desiertos son: los correcaminos, lechuzas, halcones, cuervos, coyotes, murciélagos, zopilotes, lince, arañas, tuzas, ratas canguro, mariposas, iguanas, culebras, tortugas, etc.

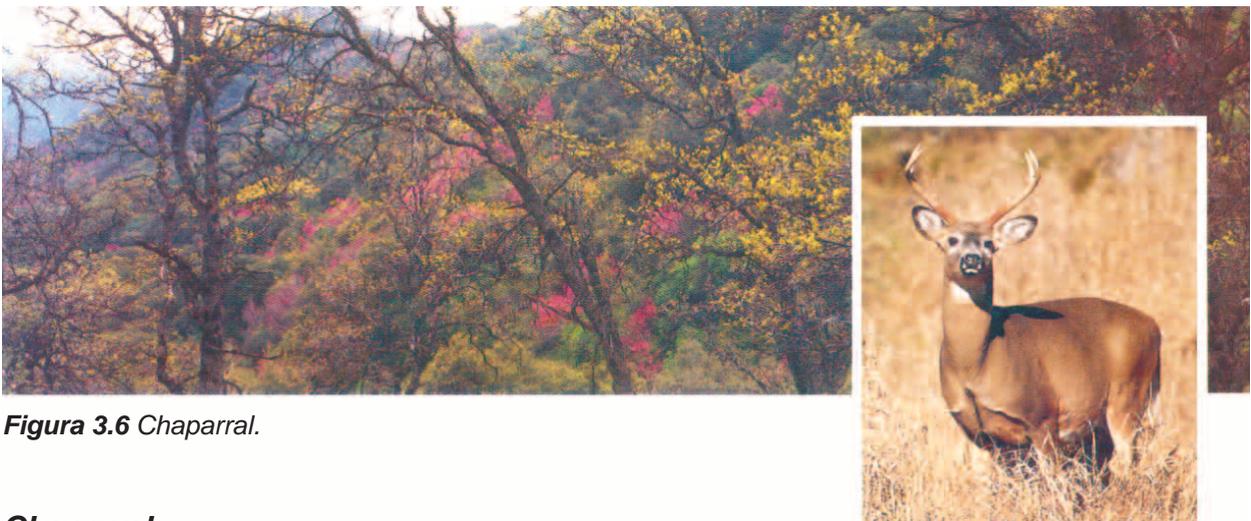


Figura 3.6 Chaparral.

Chaparral

Este bioma presenta lluvias abundantes en invierno y veranos secos; está formado por pequeños árboles y grandes arbustos de hojas verdes perennes, gruesas y duras que conservan el agua. Este bioma existe en la región del Mediterráneo, en Australia, en las montañas occidentales de Estados Unidos, en áreas de África y en México. En nuestro país, es común en Baja California Norte y otras sierras, donde podemos encontrar plantas como el encinillo y rosa de castilla. Algunos animales de este bioma son: zorrillos, ratones, venados y una variedad de reptiles y aves.

Pastizales o praderas

Los pastizales o praderas habitualmente se encuentran en el centro de los continentes. En general, tienen una capa continua de pastos y casi ningún árbol, excepto a lo largo de los ríos. Por su cercanía a los desiertos, presenta un clima cálido semidesértico, con pocas lluvias. Tiene suelo oscuro, rico en humus. En este bioma, abundan las gramíneas, especialmente, como ya se mencionó los pastos. Los pastizales son potreros naturales que han sido usados durante siglos por grandes manadas de animales pastadores (que

comen pasto). En los pastizales, abundan los animales que se alimentan de los pastos y semillas, como: conejos, liebres, ratas, venados, coyotes, lobos y felinos. En México, este bioma se localiza en las bajadas y planicies de una gran parte de la meseta del centro y en sierras y llanuras del norte.



Figura 3.7 Pastizal.

Bosque de coníferas

En este bioma predomina un clima frío o templado y húmedo, con lluvias regulares casi todo el año. Las plantas dominantes son las coníferas como pinos, cipreses, abetos, oyameles y cedro blanco.

El suelo y, frecuentemente los troncos, se encuentran cubiertos de musgo y helechos. Lo habitan entre otros muchos animales, el lobo, zorro, lince, oso negro, castores, venados, etc. Los bosques más grandes de coníferas se localizan en Siberia, en casi todo Canadá y centro de Estados Unidos. En México, en porciones de la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua, Durango y Michoacán.

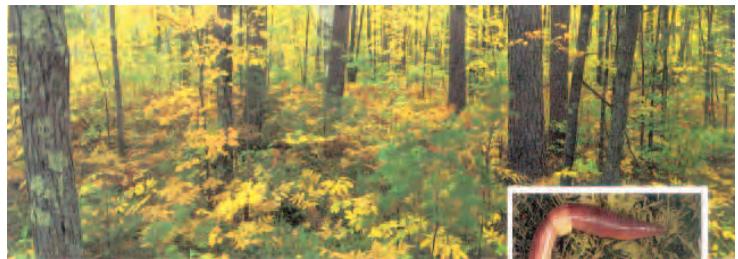


Figura 3.8 Bosque de coníferas.



Taiga

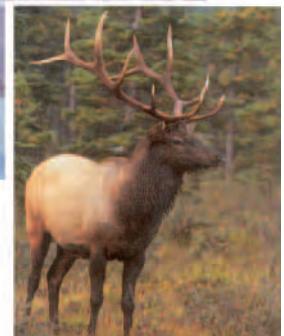
El bosque de coníferas presenta un área localizada más al norte llamada "Taiga".

En este bioma, los inviernos son

más largos y fríos. Los árboles de la taiga son coníferas, en gran parte. Su forma piramidal y sus hojas como agujas largas les permiten quitarse la nieve con mucha facilidad. Debido a su clima tan riguroso, la diversidad de vida en la taiga es más baja que en muchos otros biomas. Los alces, osos negros y lince son mamíferos comunes. La mayoría de los animales pequeños también hibernan o migran al sur para evitar el invierno largo.



Figura 3.9 Taiga.



Tundra

La tundra es el bioma que se encuentra antes de llegar a los polos. La tundra del Ártico es una vasta región sin árboles que rodea al Océano Ártico. Las temperaturas del invierno suelen alcanzar los -55°C o menos, los vientos corren a 50 ó 100 kilómetros por hora y la precipitación promedio anual es de 25 cm o menos, lo que hace de este lugar un “desierto congelado”. Aun durante el verano, las temperaturas pueden bajar a nivel de la congelación. La vida vegetal está dominada por líquenes, musgos y unos cuantos pastos y arbustos. Muchos animales hibernan o migran para evitar el invierno. El buey almizclero, caribú, reno y osos polares son algunos animales de la tundra.

En las cimas de las montañas altas, más arriba de donde pueden crecer los árboles, se dan condiciones más o menos similares aunque no tan frías, y se les llama “tundra alpina”. En México, tenemos tundra alpina en el Pico de Orizaba, el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl.

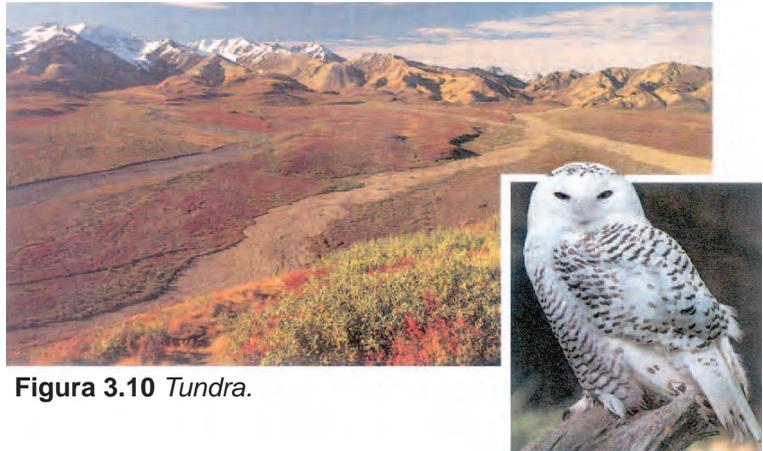


Figura 3.10 Tundra.

Biomás acuáticos

No todos los biomas están localizados en la tierra. En realidad, la mayor proporción de la biósfera consiste de biomas acuáticos. Como ya se mencionó anteriormente, los biomas acuáticos se dividen en **biomas marinos** y **dulceacuícolas**. Los biomas marinos son los más extensos del planeta, pues cubren aproximadamente 71% de la superficie; mientras que los biomas de agua dulce cubren apenas 1%.

Bioma marino

El bioma marino es un ambiente de agua salada que incluye sus océanos y sus costas. En el mar es donde se lleva a cabo la mayor parte del proceso fotosintético del mundo, a partir del cual se produce un gran porcentaje del oxígeno que respiran los organismos acuáticos y terrestres que hay sobre la tierra. Las condiciones físicas dentro del bioma marino varían tremendamente. La luz, temperatura y presión del agua cambian con la profundidad. La salinidad o contenido de sal del océano también varía de lugar a lugar. Los componentes básicos de estas sales son el NaCl o sal común, el magnesio, el calcio y el potasio.

El bioma marino también contiene una rica diversidad de seres vivos. La vida se extiende hasta sus zonas más profundas, pero los organismos fotosintéticos se limitan

a las zonas superiores iluminadas por el sol. El mar tiene una profundidad promedio de 3.7 kilómetros y, excepto por una fracción relativamente pequeña de la superficie, es oscuro y frío.

Zonas marinas

El ambiente del océano tiene muchas zonas diferentes. Las zonas son clasificadas de acuerdo con la profundidad del agua, la presencia de luz y distancia de la costa. Observa la figura 3.11. La luz suficiente para permitir la fotosíntesis puede penetrar el agua del océano a una profundidad cercana a los 180 metros. Los ecólogos marinos llaman a esta capa del océano la **zona fótica**. Esta área con luz es la más productiva, ya que permite la realización de la fotosíntesis. El alimento básico en esta zona es el "plancton", el cual está constituido por algas unicelulares que se dividen rápidamente entremezcladas con protistas heterótrofos, pequeños camarones y otros crustáceos, medusas pequeñas, ctenóforos y los huevos y formas larvianas de muchos peces e invertebrados. Las algas unicelulares son los productores de alimento más importantes del océano.

Esta zona con luz es la más productiva, ya que las algas que viven en ella proporcionan todo el alimento y oxígeno requeridos por los organismos heterótrofos que viven en el océano. Abajo de la zona fótica, está la **zona afótica**, que es la región del océano que no recibe la luz. Los organismos que viven en esta zona dependen de la zona fótica para sus nutrientes. Los organismos que viven en esta zona tienen adaptaciones que les permiten vivir sin luz, muchos son bioluminiscentes, es decir, generan su propia luz.

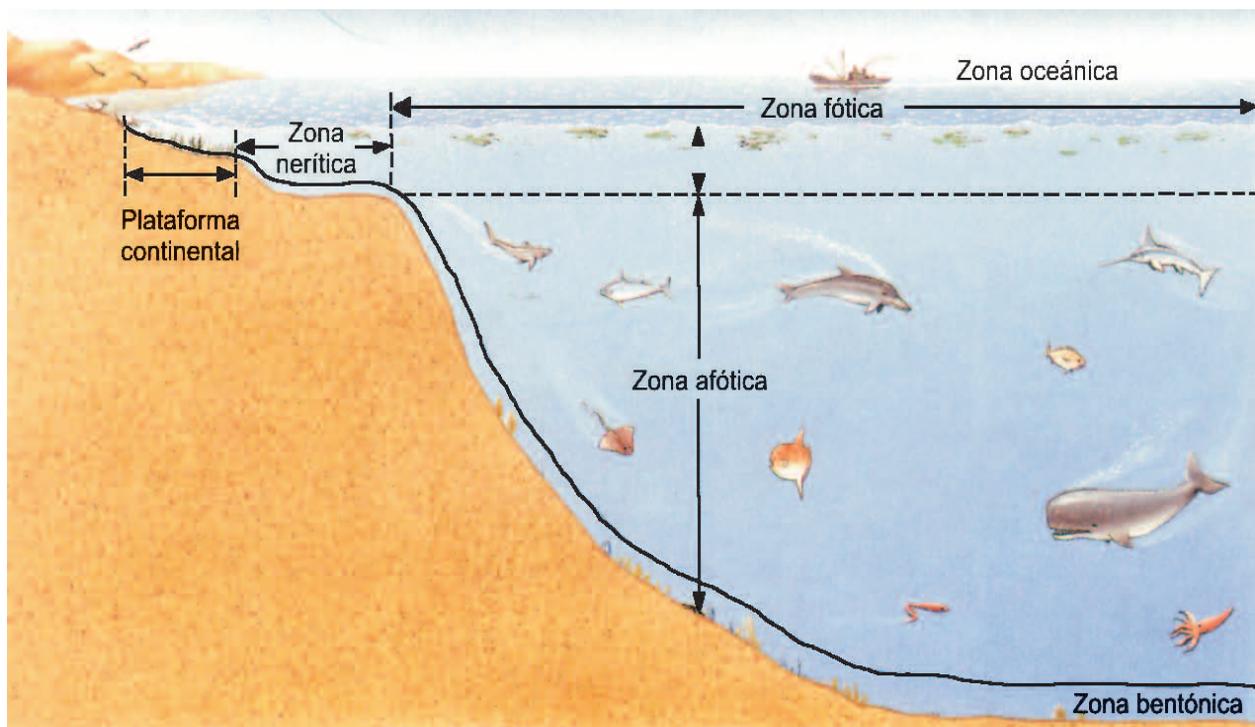


Figura 3.11 Esquema que nos muestra las diversas zonas del mar.

Una región de aguas poco profundas llamada **zona nerítica**, está situada justo encima de la plataforma continental. Esta zona alcanza una profundidad de 200 m, por lo que la luz penetra fácilmente al fondo del mar. La disponibilidad de luz permite el crecimiento abundante del fitoplancton y de los animales que dependen de ellos para alimentarse.

Más allá de la plataforma continental está la vasta y profunda **zona oceánica**, conocida comúnmente como “alta mar”. Los nutrientes minerales necesarios para el fitoplancton son escasos aquí. Como resultado, las poblaciones de organismos en esta zona son mucho menos densas que en las zonas menos profundas. El ambiente en el piso del océano es llamado **zona bentónica**. La luz no alcanza esta zona, lo que limita el número de organismos que pueden vivir en ella. Los habitantes comunes de la zona bentónica incluyen camarones, cangrejos, almejas, pulpos, gusanos, estrellas de mar, erizo de mar, esponjas, anémonas, pepinos de mar y peces planos tales como las rayas, que se alimentan de presas que capturan o de la lluvia de desechos que continuamente descienden de los niveles superiores. También viven en ella numerosos hongos y bacterias que degradan los organismos muertos que llegan ahí.

México cuenta con 28 mil 735 km de costas y una superficie marina de 2 millones 946 mil 825 km², de la cual 231 mil 813 km² son de mar territorial y 2 millones 715 mil 012 km² de zona económica exclusiva.

Estuarios

La gravedad causa que los ríos fluyan hacia los océanos. En el lugar donde el río desemboca en el mar, se acumulan materiales que el río arrastra, causando que la región sea poco profunda. Estas áreas superficiales o poco profundas donde se mezclan el agua dulce y el agua de mar son llamadas **estuarios**. Los estuarios están ubicados en los litorales y son zonas existentes entre los biomas marinos y los de agua dulce. La combinación de agua dulce y salada en estuarios es descrita como salobre. A causa de estas aguas salobres, viven en esos lugares animales tanto de agua dulce como de agua salada. Algunos peces tales como el salmón, pasan a través de los estuarios cuando migran desde el océano hacia los ríos para desovar.

Aunque los estuarios representan cerca de 10% del bioma marino, pueden contener 90% de la vida marina, esto debido a que reciben un rico abastecimiento de nutrientes provenientes de los ríos y de los terrenos aledaños. Los estuarios proporcionan hábitat para una gran variedad de plantas y animales.

En México, los estuarios se encuentran en toda la franja del Golfo de México y el Océano Pacífico, en los puntos donde desembocan al mar ríos, arroyos, lagunas, etc. Como vegetación, es común el mangle y algunos pastos, mientras que algunos animales presentes son: ostiones, cangrejos, jaibas, moluscos y una gran diversidad de peces. Todos estos organismos atraen a muchas aves, mamíferos, reptiles y anfibios que acuden con el fin de alimentarse. Debido a que el alimento es tan abundante, los estuarios son las principales zonas de anidación para aves migratorias y, frecuentemente, son zonas de desove para muchos animales marinos.

Biomás de agua dulce

La mayoría de los ríos, lagos y lagunas localizados en los continentes contienen agua dulce. El agua de estos biomas tiene una concentración de sales mucho más baja que el agua de mar. Los biomas de agua dulce tienen grandes variaciones estacionales y de temperatura. A causa de estas variaciones, los organismos que viven en los biomas de agua dulce deben adaptarse a los cambios ambientales que los organismos marinos no enfrentan.

Los biomas de agua dulce se clasifican en dos categorías: **aguas en movimiento** (ríos y arroyos) y **aguas quietas** (lagos, lagunas, charcas y estanques). Existe un tercer bioma, los **humedales**, sitios que se inundan, ya sea durante todo el año o durante una temporada. Son ejemplos los pantanos, las ciénagas, las marismas y los manglares.

Agua en movimiento

Las aguas en movimiento de los ríos hace difícil la vida para los organismos que viven en el agua. A causa de que la vegetación es frecuentemente arrastrada por el agua en movimiento, los ríos contienen pocas algas y otros pequeños animales. Los animales en los ríos deben alimentarse de insectos que caen en el agua y de las plantas muertas y animales que son arrastrados en el agua desde tierra.

Muchos animales que viven en los ríos tienen adaptaciones que los previenen de ser arrastrados por la corriente. Por ejemplo, las larvas de insectos, tienen ganchos por los cuales ellos se fijan a las rocas. Los renacuajos pueden usar chupadores para unirse a objetos. Peces tales como la trucha y el salmón tienen cuerpos aerodinámicos que presentan muy poca resistencia a las corrientes rápidas de agua.

Agua quieta

Las condiciones que imperan en los lagos dependen fundamentalmente de dos factores: su origen y sus dimensiones. El primero determina su composición química y biológica. Mientras que el segundo determina que se presenten procesos físicos como el oleaje.

En función de su tamaño, los lagos reciben distintos nombres. A los de dimensiones reducidas se les suele llamar lagunas, y charcas cuando son todavía menores.

Los lagos tienen dos orígenes básicos, por acumulación de agua en una cavidad y por interrupción del brazo de un río. En el primer caso, la formación de un lago, puede ser debida al deshielo de un glaciar, que se acumuló en las cavidades naturales del terreno, o también por la acumulación de agua de lluvia en un terreno con capas de suelo impermeables. En el segundo caso, la formación del lago se debe a que los materiales que arrastra el río pueden formar depósitos que separan el brazo del resto de la corriente. Los lagos de origen glaciar son más característicos de las zonas montañosas, mientras que los producidos a partir de los ríos son propios de las zonas llanas.

Los lagos cuyo origen son el deshielo o la lluvia son colonizados por la flora y la fauna que llegue a ellos, es decir, las plantas presentes serán las que lleguen a través de semillas que arrastre el viento y los animales. Los animales serán aquellos que puedan desplazarse por tierra y aire. En estos lagos no hay peces; en cambio, en los lagos que se originan de ríos, además de las plantas y animales que puedan llegar a él, vamos a encontrar peces, los cuales provienen lógicamente del río que le dio origen al lago.

En los lagos se puede encontrar una **zona litoral** u orilla en la que el agua es muy quieta y penetra mucho la luz; por esta razón, abunda el fitoplancton y las plantas enraizadas. También hay una **zona limnética**, que comprende todas aquellas aguas superficiales alejadas de la playa donde también penetra la luz de manera efectiva; en esta zona también abunda el fitoplancton que sirve de alimento al zooplancton y a otros herbívoros. También existe una **zona profunda**, que se encuentra por debajo de la zona limnética y donde la penetración de luz es nula o escasa. A pesar de ello, abundan organismos como gusanos acuáticos, algunos peces, larvas de insectos, crustáceos, hongos y bacterias.

Los biomas de agua dulce, localizados cerca de las poblaciones humanas, frecuentemente contienen altas concentraciones de compuestos de fósforo y nitrógeno los cuales provienen de los detergentes y los fertilizantes usados por el hombre. Estos compuestos al entrar a los lagos, ríos o arroyos sirven como nutrientes para algas y plantas. Pero puede llegar a haber tanto nutrimento que las plantas van a crecer fuera de control. Estas poblaciones tan grandes de algas y plantas pueden empezar a morir y degradarse. Como las bacterias descomponedoras degradan los residuos, requieren mucho del oxígeno disuelto en el agua. El poco oxígeno que queda disponible hace inhabitable el agua para los protozoarios, peces y otros pequeños animales. El agua en la que el oxígeno disuelto es muy bajo como para sostener la vida animal, se le llama **eutrófica**.

En México, algunos ejemplos de aguas quietas son la laguna de Tamiahua, el lago de Pátzcuaro, el lago de Chapala, el lago de Catemaco, algunos cenotes de Yucatán, las lagunas de Montebello en Chiapas, etc. Nuestro estado Sinaloa cuenta con dos lagunas, la de **Chiricahueto** y la de **Canachi**, las cuales pertenecen al municipio de Culiacán.

Humedales

La palabra “humedal” es un término relativamente nuevo ya que se empezó a emplear hace aproximadamente 15 años para englobar una serie de ecosistemas como los pantanos, las ciénagas, las marismas y los manglares, entre algunos otros. Los humedales, como ya se mencionó anteriormente, son sitios natura-



Figura 3.12 *Manglar.*

les que se inundan, ya sea durante todo el año o durante una temporada. Los humedales se localizan en todas partes del mundo. Los pantanos y ciénagas son lugares lodosos usualmente localizados cerca de las zonas costeras en climas cálidos. Los pantanos y ciénagas difieren en el tamaño de la vida vegetal que pueden sostener. Las ciénagas tienen plantas pequeñas tales como carrizos, espadañas y zacates. En los pantanos existen grandes árboles como los cipreses y musgos españoles, así como arbustos y lirios de agua. Estos humedales también proporcionan un lugar para vivir a animales como ranas, tortugas, serpientes, cocodrilos, peces y mapaches.

Las marismas son zonas amplias de tierras bajas que sufren regulares inundaciones con el agua procedente del mar, a la que se añaden a menudo aportes de agua dulce, ya sea de ríos o de la lluvia. Los manglares, propios de regiones tropicales, se forman como consecuencia del avance de la vegetación terrestre sobre el mar. Los árboles de mangle, presentan una serie de adaptaciones que les permiten vivir en ese ecosistema. Por ejemplo, secretan el exceso de sal a través de las hojas; además, sus raíces son aéreas, lo que les permite tener un mejor soporte y una ayuda para respirar ya que en su superficie presentan unos pequeños orificios llamados lenticelas por donde respira la raíz. Las lenticelas tienen como función llevar suficiente oxígeno a las raíces que están bajo el agua o hundidas en el lodo.

Los humedales tienen gran importancia ecológica y económica. La primera se debe a que se encuentran entre los ecosistemas más productivos y son el hogar de muchos mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces que no son comunes en otros ecosistemas. Su importancia económica está directamente relacionada a su importancia ecológica, ya que, por ejemplo, las marismas y los manglares son sitios donde completan sus ciclos vitales animales marinos como los camarones y algunos peces. Además de que exportan nutrientes al mar, incrementando así su productividad. También el ecoturismo se ha incrementado en estos sitios debido a la gran cantidad de fauna, particularmente de aves, que son un elemento muy atractivo para muchas personas.

Los manglares tienen otra función también muy importante, la de formar barreras rompeolas que dan protección a poblados en regiones expuestas a huracanes.

Lamentablemente, los humedales han sido paulatinamente destruidos para satisfacer algunas necesidades de la población humana, entre ellas se encuentran el aumento de la mancha urbana y el cambio en el uso del suelo para fines agrícolas y pecuarios. En 1971, se firmó en Irán un convenio internacional por el cual los países firmantes se comprometieron a proteger sus humedales, reconociéndoles así su gran valor. En la actualidad, existe en nuestro país un Programa Nacional de Zonas Húmedas que está a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Este programa reconoce 32 humedales prioritarios para México.

Energía y materia en el ecosistema

Sabemos que cualquier comunidad de organismos interactuando junto con su ambiente abiótico es un ecosistema. Los ecosistemas desarrollan dos importantes funciones: la captura y uso de energía y el reciclado de nutrientes necesarios para los organismos.

Toda la energía en la mayoría de los ecosistemas inicia como radiación del sol. Las plantas y otros organismos fotosintéticos capturan esta energía radiante y la usan para convertir compuestos inorgánicos en compuestos orgánicos ricos en energía durante la fotosíntesis. La materia y energía en esos compuestos pasa a través de la comunidad mientras un organismo consume a otro.

Es importante reconocer que el flujo de energía del ecosistema es unidireccional, no cíclico, es decir, la energía no se recicla, por lo que el planeta la debe estar recibiendo continuamente del sol. En cambio, las sustancias químicas como el nitrógeno, carbono, oxígeno, agua y minerales circulan en la biósfera, de tal manera que se están reciclando o reutilizando continuamente. Esto último se observa claramente al estudiar los ciclos biogeoquímicos.

Niveles tróficos

En toda comunidad la materia y energía pasan de las plantas a los consumidores de plantas, de los consumidores de plantas a los consumidores de carne y un consumidor de carne a otro consumidor de carne. Cada paso en la transferencia de materia y energía en una comunidad es llamada **nivel trófico**. Los principales niveles tróficos son los productores, los consumidores, y los descomponedores.

Productores

Las plantas y algunos otros organismos fabrican sus propios alimentos por lo que son llamados **autótrofos**. Los autótrofos son los únicos organismos en una comunidad que pueden convertir los compuestos inorgánicos en compuestos orgánicos usados como alimentos. Como los autótrofos producen alimentos para ellos mismos y para la comunidad entera son llamados **productores**.

La mayoría de los alimentos en la biósfera son fabricados por productores fotosintéticos, siendo estos las plantas, las algas y las cianobacterias. Pero unos cuantos productores (ciertas bacterias) fabrican alimentos usando la energía de reacciones químicas en lugar de la del sol, por lo que se les llama organismos quimioautótrofos o quimiosintéticos. Investigaciones realizadas a principios de 1980 en grietas del fondo marino han revelado la existencia de ecosistemas enteros en los que los productores primarios son bacterias quimioautótrofas.

Consumidores

Los animales, hongos, protozoarios y la mayoría de las bacterias son organismos que no pueden fotosintetizar y no fabrican sus propios alimentos, por lo que se alimentan de otros organismos, por esta razón son llamados **heterótrofos** o **consumidores**.

Algunos consumidores se alimentan directa y exclusivamente de productores, la fuente de energía viva más abundante en el ecosistema. Estos **herbívoros**, que puede ser un chapulín, un conejo, una vaca, un venado o una jirafa, se llaman **consumidores primarios** y forman el segundo nivel trófico. Los **carnívoros**, como la araña, el halcón y el lobo, se alimentan de herbívoros; se llaman **consumidores secundarios** y forman el tercer nivel trófico. A veces, algunos

carnívoros se comen a otros carnívoros y, cuando lo hacen, forman el cuarto nivel trófico, el de **consumidores terciarios**. Dependiendo de la naturaleza de su presa, los carnívoros también pueden ser **consumidores cuaternarios**, que ocupan el quinto nivel trófico.

Un tipo particular de consumidores es el de los “detritívoros” o “carroñeros”. Estos organismos son animales que se alimentan de los desechos o detritus, de una comunidad como hojas caídas, ramas y troncos de árboles muertos, heces, exoesqueletos de insectos, cadáveres, etcétera. Entre estos consumidores tenemos las lombrices de tierra, cangrejos, garrapatas, ciempiés, algunos insectos, protistas, buitres y chacales (figura 3.13).

Hay algunos consumidores que se alimentan tanto de plantas como de animales y se les llama **omnívoros**. Como pueden comer todo tipo de alimentos, pueden actuar como consumidores primarios, secundarios o terciarios. Los seres humanos somos omnívoros; cuando comemos frutas o verduras, somos consumidores primarios, pero cuando comemos carne de pollo, de res o mariscos, somos consumidores secundarios. El oso es otro ejemplo de omnívoro, porque cuando come bayas es un consumidor primario y cuando come peces es un consumidor secundario.

Descomponedores

Las bacterias y los hongos son llamados “descomponedores” o “desintegradores”; obtienen su alimento de organismos muertos y desechos orgánicos. Los **descomponedores** son organismos que digieren el alimento fuera de su cuerpo, absorben los nutrientes que necesitan y liberan los nutrientes restantes. Mientras estos organismos se alimentan, degradan los tejidos y los desechos de los organismos a sustancias más simples. A esto le llama proceso descomposición. Los descomponedores regresan el nitrógeno, los fosfatos y otras sustancias al suelo o al agua. Así, pueden ser vueltos a usar por los autótrofos, comenzando de nuevo el ciclo. Si no existieran estos organismos, la materia nunca sería reciclada.



Figura 3.13 Los carroñeros como los buitres desempeñan un papel muy importante en un ecosistema, ya que eliminan la materia orgánica en descomposición evitando la acumulación de cadáveres y el surgimiento de muchas enfermedades.

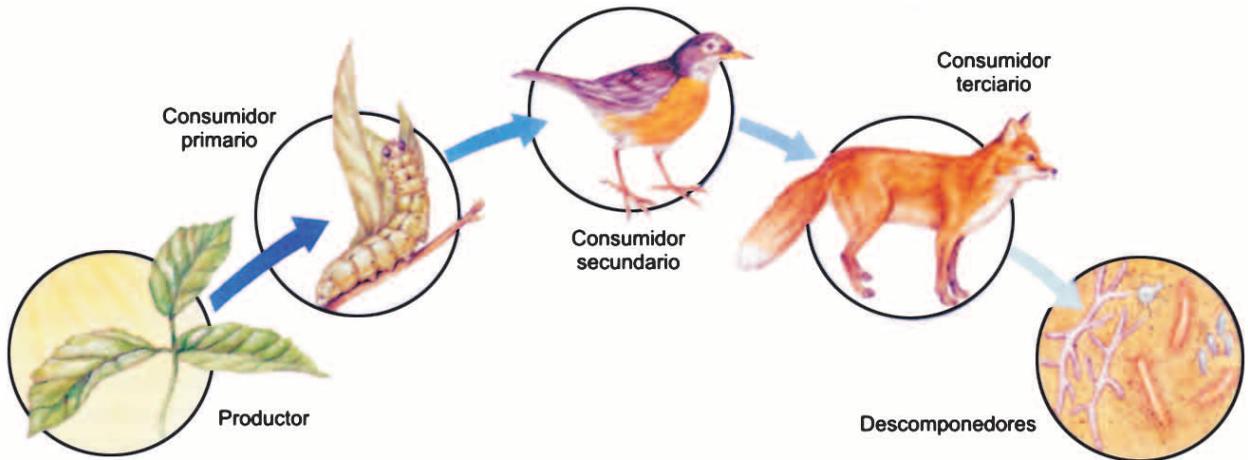
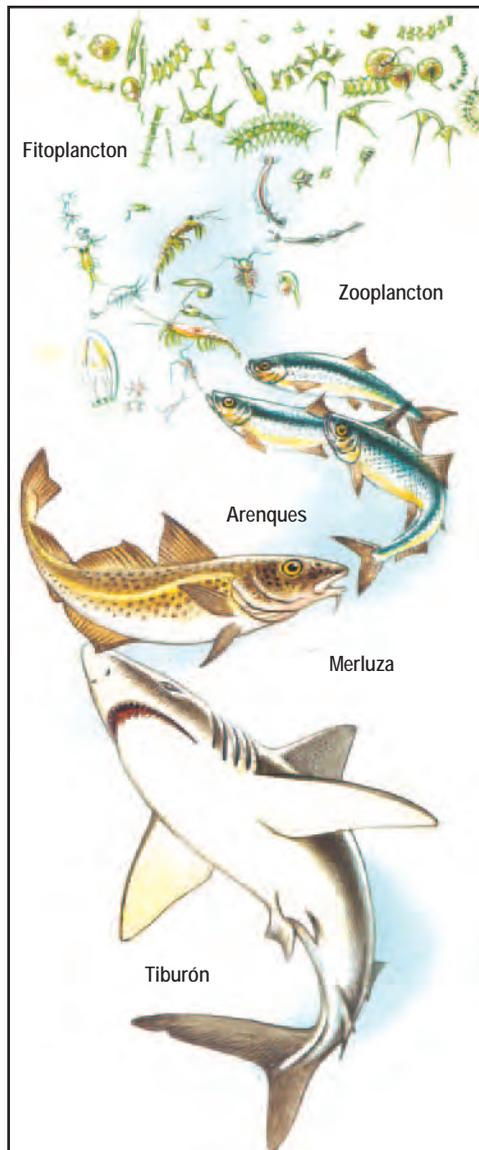


Figura 3.14 El primer nivel trófico de una cadena alimenticia siempre está ocupado por un productor. ¿De dónde obtiene el productor la energía que necesita para sobrevivir?



Cadenas y redes alimenticias

Para ilustrar quién se alimenta de quién en un ecosistema, los ecólogos con frecuencia identifican a un representante de cada nivel trófico, que se come al representante del nivel inferior. Supongamos que una oruga come hojas, un petirrojo se come a la oruga, y a su vez un zorro se come al petirrojo. Cuando el zorro muere, es consumido por los descomponedores. El patrón de alimentación formado por esta serie de organismos es un ejemplo de cadena alimenticia. En una cadena alimenticia, la energía fluye de un organismo a otro a través de cada nivel trófico. En la figura 3.14 las flechas indican la dirección del flujo de energía en una cadena alimenticia.

La mayoría de los organismos comen más de un tipo de alimentos. Así, una simple cadena alimenticia no proporciona un esquema completo del flujo de energía en una comunidad. Un esquema más completo del flujo de energía en una comunidad consiste de muchas cadenas alimenticias. Todas las cadenas alimenticias interconectadas componen una **red alimenticia** (figura 3.16).

Figura 3.15 Dibujo que muestra un ejemplo de una cadena alimenticia marina, donde el productor es el fitoplancton, formado por algas microscópicas que constituyen el alimento del zooplancton formado de infinidad de pequeños animales marinos.

Pirámides ecológicas

Los productores construyen y mantienen células por el uso de material orgánico rico en energía que resulta de la fotosíntesis. Los consumidores construyen y mantienen células por el uso de materia orgánica de los productores y consumidores que ellos comen. La masa total de materia orgánica en cada nivel trófico es llamada **biomasa**. La biomasa en cada nivel trófico contiene energía almacenada y

es alimento potencial para los organismos en el siguiente nivel trófico. Por eso, tanto la materia como la energía son transferidas cuando los organismos comen.

La transferencia de materia y energía desde un nivel trófico al siguiente no es muy eficiente. Solamente una pequeña fracción de la biomasa en un nivel trófico pasa al siguiente. La fracción es pequeña en parte porque no todos los organismos de un nivel son consumidos por los organismos del siguiente nivel. Además, algo de biomasa en cada nivel trófico es usado para hacer materiales, como celulosa (madera y paredes celulares), huesos, dientes, picos, pezuñas, uñas, pinzas y conchas que no pueden ser digeridos por los consumidores del próximo nivel.

Una pirámide ecológica se usa para mostrar cuantitativamente las relaciones nutricionales entre los productores y consumidores de diferentes niveles tróficos en un ecosistema. Estos modelos piramidales ponen a los productores en la base y al carnívoro superior en la punta.

Se pueden utilizar muchos tipos de información para construir pirámides ecológicas. Los tres modelos de pirámides más comunes son: de biomasa, energía y números. Una pirámide de biomasa se muestra en la figura 3.17. La biomasa más grande está en los productores en la base de la pirámide. Al moverse hacia arriba de la pirámide, la biomasa disminuye en cada nivel sucesivo de consumidores; es decir, se necesita más biomasa de productores para dar de comer a menos biomasa de consumidores. Por ejemplo: 5000 gramos de plantas (productores) sirven de alimento y generan una biomasa equivalente a 500 gramos del consumidor primario; a su vez, esta cantidad serviría para producir una biomasa de más o menos 50 gramos de un consumidor secundario.

Una pirámide de energía representa la energía contenida en la biomasa de los niveles tróficos. En cada nivel trófico, los organismos usan algo de energía para sus propios

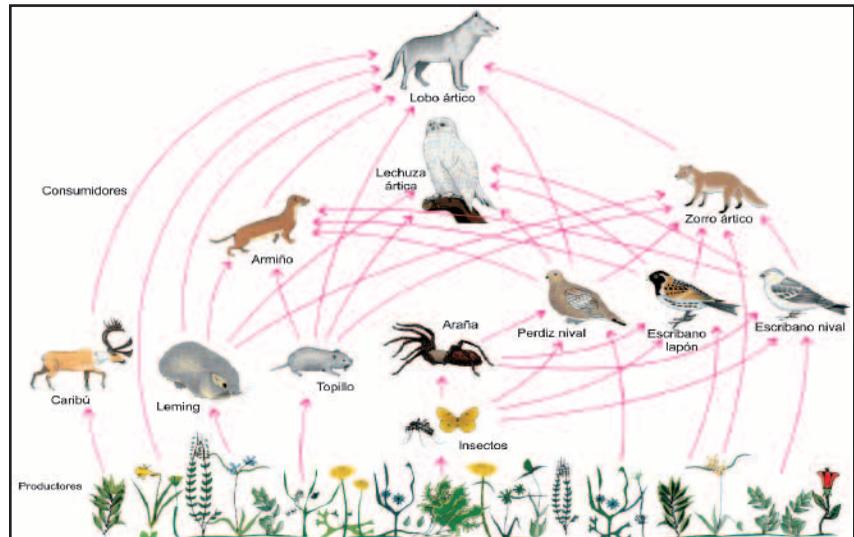


Figura 3.16 Diagrama de una red trófica en la tundra ártica, durante la primavera y el verano. Las flechas indican la dirección del flujo de energía. Esta red alimenticia está muy simplificada. En realidad, forman parte de ella un número de especies de plantas y animales mucho mayor que el que aquí se representa.

procesos de vida. Mucha de esta energía es perdida mientras se come. Algo de energía es también almacenada en la biomasa que no es ingerida o en la que no se digiere. La energía que no es ingerida o digerida no está disponible para transferirse al siguiente nivel trófico. Por eso, la energía disponible en cada nivel trófico es aproximadamente 10% de la energía del nivel anterior. Los ecólogos llaman a esta transferencia poco eficiente de energía la "ley de 10%". Si los productores en la pirámide de energía de la figura 3.18 suministran 3000 calorías de energía, ¿cuántas calorías serán transferidas a cada nivel sucesivo, asumiendo la ley de 10%?

Una pirámide ecológica puede también mostrar los números de organismos en cada nivel trófico. En la naturaleza, hay mucho menos organismos en cada nivel trófico superior. Por ejemplo, una pradera está cubierta por una capa delgada de pasto y otras plantas, estos organismos son los productores en la pradera. Una pradera también tiene muchos consumidores primarios, tales como insectos, ratones y pájaros comedores de semilla, pero van a existir unos cuantos menos consumidores secundarios, tales como petirrojos y serpientes, y aun menos consumidores terciarios, tales como halcones y gatos montés.

El número de organismos en cada nivel trófico está directamente relacionado a la cantidad de biomasa y energía en cada nivel. La biomasa y la energía determinan el número de organismos que una comunidad puede soportar. Mientras la cantidad de biomasa y energía disponible para una comunidad decrece, el número de or-

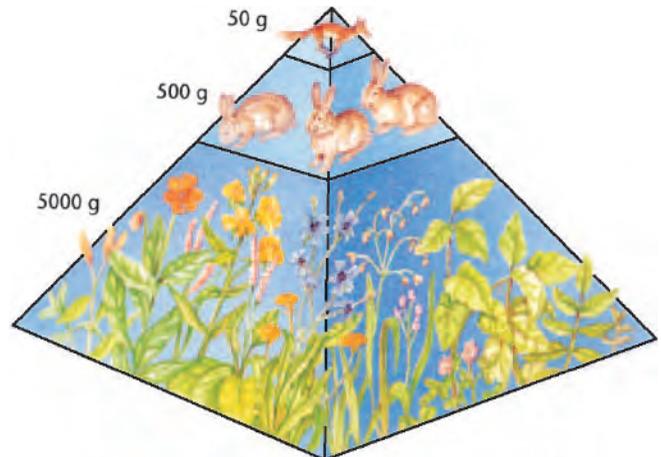


Figura 3.17 Una pirámide ecológica muestra que la biomasa es mayor en los inicios de la cadena alimenticia.

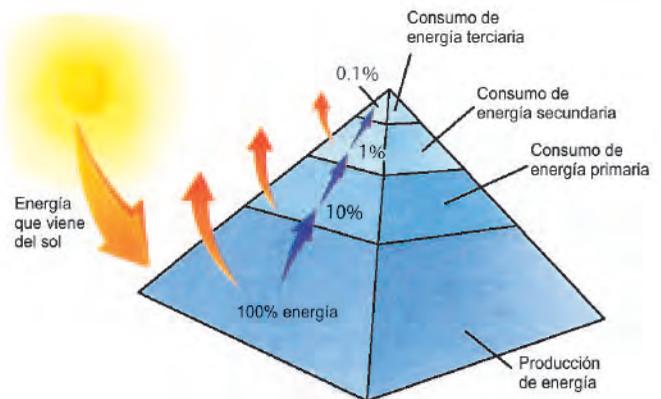


Figura 3.18 Estudios de varios ecosistemas indican que la transferencia neta de energía entre los niveles tróficos tiene una eficiencia aproximada de 10%.

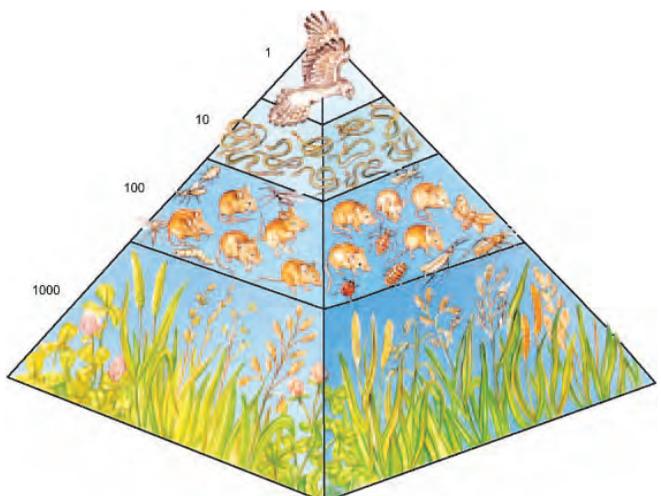


Figura 3.19 El número de organismos que pueden ser soportados en cada nivel trófico decrece a medida que se avanza hacia la cúspide de la pirámide.

ganismos en la comunidad también decrece. Observa en la pirámide de números de la figura 3.19 cómo disminuye la cantidad de organismos al subir de la base hacia la cúspide de la pirámide.

Los ciclos en el ambiente

Ciclos biogeoquímicos

En los ecosistemas, hay un constante flujo y reflujo de materiales inorgánicos desde el medio ambiente hacia los organismos y de éstos al medio. Este movimiento circular de los elementos y compuestos químicos en los ecosistemas recibe el nombre de **ciclos biogeoquímicos**. Los elementos y compuestos que forman parte de los ciclos biogeoquímicos son el carbono, el nitrógeno, el fósforo, el oxígeno, el azufre, el magnesio, el calcio y el agua, entre otros.

Se les conoce como ciclos biogeoquímicos porque involucran componentes geológicos, biológicos y químicos del ecosistema. Los componentes del entorno geológico son: 1) la atmósfera, constituida fundamentalmente por gases; 2) la litósfera, la corteza sólida de la tierra, y 3) la hidrósfera, que comprende los océanos, lagos y ríos.

Los componentes biológicos de los ciclos biogeoquímicos son los seres vivos (productores, consumidores y descomponedores) y los componentes químicos son los materiales inorgánicos.

Ciclo del agua

El ciclo del agua o “ciclo hidrológico” es el movimiento repetido de agua entre la superficie de la tierra y la atmósfera. El mayor reservorio de agua en el mundo es el océano, que contiene más de 97% del agua disponible. El ciclo hidrológico es posible por la energía solar, que evapora el agua de la superficie de los océanos, lagos y lagunas y por la gravedad, que la regresa a la tierra.

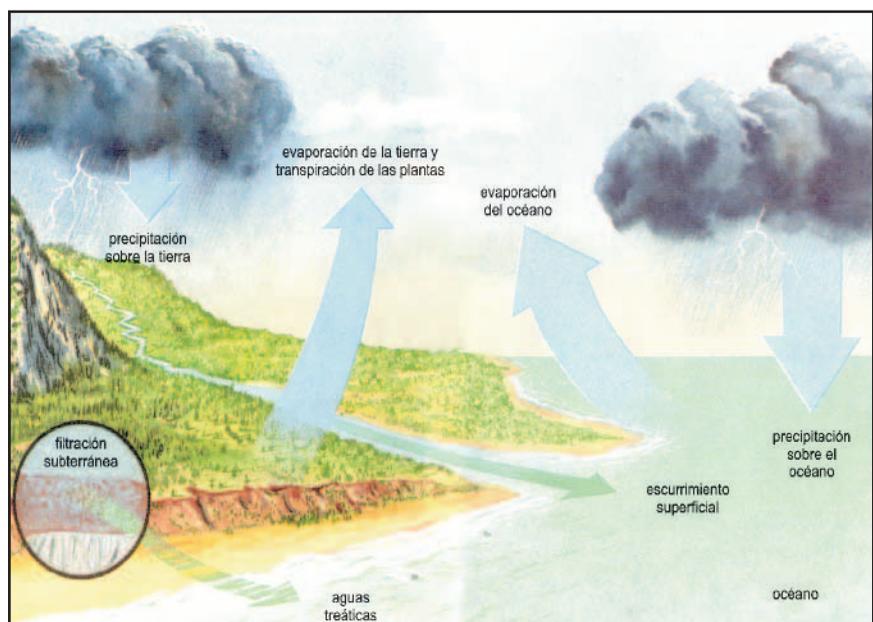
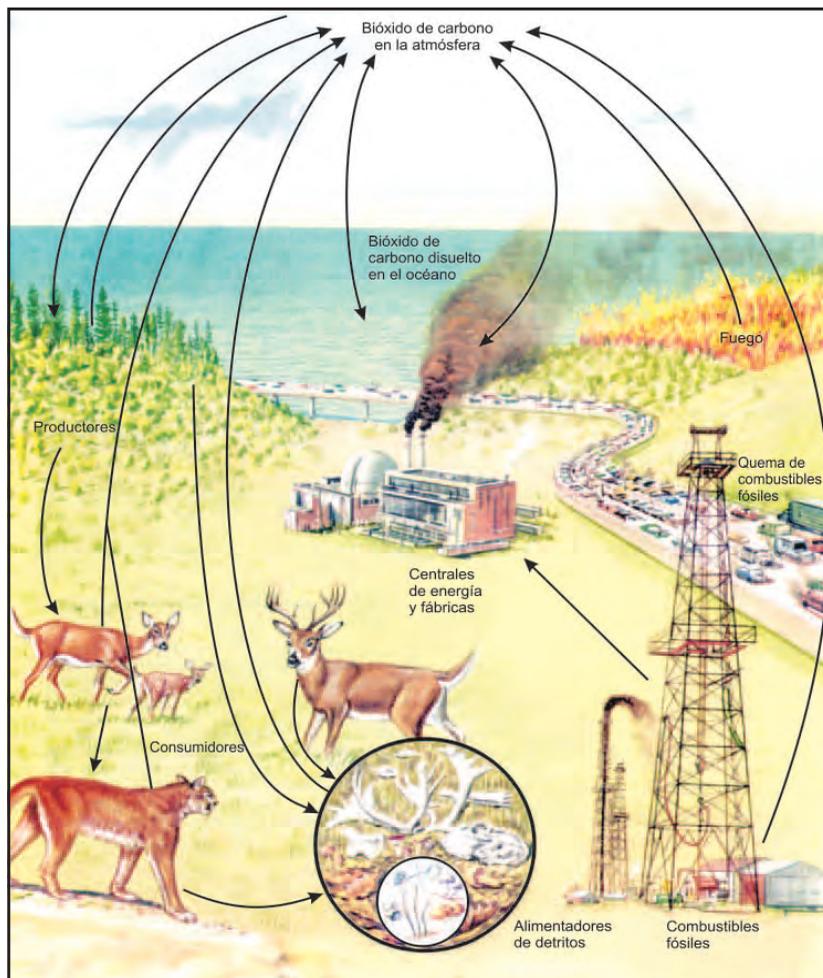


Figura 3.20 En el ciclo del agua, esta sube a la atmósfera como vapor de agua para caer después a la tierra ya sea como lluvia, nieve o granizo.

El agua que se evapora entra a la atmósfera como un gas llamado vapor de agua. La evaporación de los océanos constituye el mayor intercambio de vapor de agua entre la superficie y la atmósfera. En la atmósfera, el vapor de agua se enfría y condensa para formar nubes. Eventualmente, las nubes retornan el agua a la tierra como precipitación en forma de lluvia, nieve o granizo. El agua que cae sobre el suelo toma diversas vías. Parte del agua es tomada por las plantas y animales; otra, alimenta los cuerpos de agua superficiales (ríos, arroyos, etc.) y subterráneos (mantos freáticos), y una gran cantidad escurre de la tierra de regreso al océano.

Como habrás observado, el ciclo del agua no sólo cruza el ambiente físico, sino que también se recicla a través de los seres vivos. Las plantas, por ejemplo, toman agua a través de sus raíces y eliminan parte de esta a través de las hojas durante la transpiración. Los animales obtienen el agua de su alimento o bebiéndola. Algo de esta agua es regresada al ambiente a través del sudor, la exhalación y la orina.



Ciclo del carbono

Los dos procesos básicos de la vida que participan en el ciclo del carbono son la fotosíntesis y la respiración celular.

El carbono entra en la comunidad tras la captación de bióxido de carbono (CO_2) durante la fotosíntesis. El CO_2 es un compuesto gaseoso cuya reserva más importante es la atmósfera.

Cada año se fija un promedio de 200 billones de toneladas de carbono mediante el proceso de la fotosíntesis, 90% de esta cantidad es fijado por algas en los océanos.

Recordemos que son los productores los que fabrican compuestos de carbono ricos en energía a partir de CO_2 y H_2O durante la fotosín-

Figura 3.21 En el ciclo del carbono, este se toma de la atmósfera durante la fotosíntesis y pasa a lo largo de los niveles tróficos. Se libera durante la respiración de todos los niveles tróficos y por la quema de bosques y de combustibles fósiles.

tesis. Parte del carbono es regresada a la atmósfera por la respiración celular realizada por los propios productores y otra parte es incorporada al cuerpo de estos. De los productores pasa a los consumidores y a los descomponedores que también lo reciclan a la atmósfera por medio de la respiración celular en forma de CO_2 .

Parte del carbono tiene un ciclo mucho más lento. Por ejemplo, los moluscos extraen el bióxido de carbono disuelto en el agua y lo combinan con calcio para formar carbonato de calcio (CaCO_3), con el cual construyen sus conchas. Las conchas de los moluscos muertos forman depósitos submarinos que con el paso del tiempo se transforman en piedra caliza. Cuando la piedra caliza queda expuesta al agua, es erosionada por esta y el carbonato de calcio se descompone liberando bióxido de carbono en el agua. Al igual que el CO_2 atmosférico, este CO_2 puede ser usado por los productores para la fotosíntesis.

Otra parte del ciclo del carbono es la producción de combustibles fósiles a largo plazo. Los “combustibles fósiles” se forman de los restos de plantas y animales muy antiguos transformados por alta temperatura y presión a lo largo de millones de años, en carbón, petróleo y gas natural. Por ejemplo, la energía en el tanque de gasolina de un automóvil ahora pudo haber sido capturada por un organismo cuando los dinosaurios caminaban en la superficie de la tierra hace 200 millones de años. Al ser quemados estos combustibles, el CO_2 es liberado a la atmósfera.

Actividades humanas como el uso de los combustibles fósiles y la tala y quema de los bosques del planeta están aumentando la cantidad de CO_2 en la atmósfera.

Ciclo del nitrógeno

El ciclo del nitrógeno es la ruta por la cual el nitrógeno se mueve entre los organismos y la atmósfera. El nitrógeno es un elemento esencial en muchos de los compuestos encontrados en las células. Por ejemplo, todos los aminoácidos que forman las proteínas en los organismos contienen nitrógeno, las cuatro bases del ADN y ARN

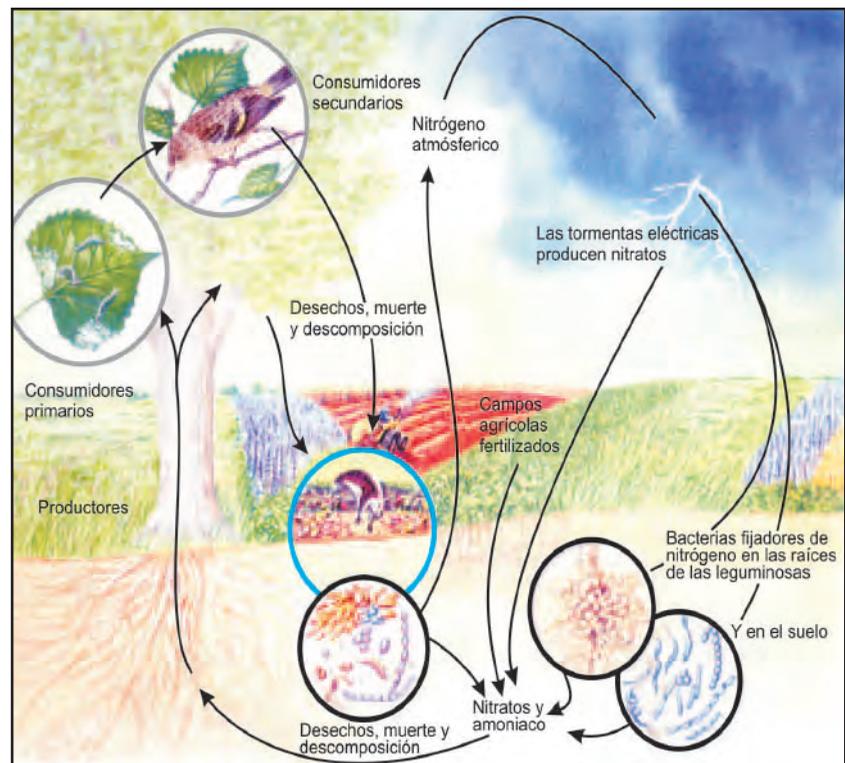


Figura 3.22 En el ciclo del nitrógeno diferentes tipos de bacterias son responsables del cambio del nitrógeno gaseoso a compuestos de nitrógeno útiles para las plantas y del regreso del nitrógeno a la atmósfera nuevamente.

también contienen nitrógeno. La atmósfera está formada por aproximadamente 78% de gas nitrógeno libre (N_2), pero ni las plantas ni los animales pueden usarlo directamente. El gas nitrógeno debe ser convertido en otros compuestos como los nitratos antes de que las plantas lo puedan absorber y utilizar.

El ciclo completo incluye cuatro procesos: fijación de nitrógeno, nitrificación, amonificación y desnitrificación. Como los puedes observar en la figura 3.22.

Fijación de nitrógeno

El gas nitrógeno en el aire es convertido a compuestos de nitrógeno útiles en un proceso llamado “fijación de nitrógeno”. La mayoría de la fijación de nitrógeno es desarrollada por bacterias fijadoras de nitrógeno que viven en el suelo y el agua. Otras viven en los nódulos o áreas abultadas de las raíces de plantas llamadas leguminosas, como el frijol y el chícharo. Durante el proceso de fijación de nitrógeno, las bacterias fijadoras de nitrógeno convierten el nitrógeno atmosférico (N_2) a amoníaco (NH_3), el cual es usado por las plantas para formar compuestos orgánicos.

Una pequeña cantidad de fijación de nitrógeno puede ocurrir como un resultado de descargas eléctricas tales como rayos. Los rayos causan que el nitrógeno y el oxígeno en el aire formen óxidos de nitrógeno, esos óxidos reaccionan con el agua para formar ácido nítrico, el cual entra al suelo disuelto en el agua de lluvia. Los fertilizantes comerciales que contienen nitrógeno también incrementan la cantidad de nitrógeno fijado en el suelo.

Nitrificación

Algunas plantas usan directamente el amoníaco, pero otras requieren que el nitrógeno esté en forma de nitratos. El proceso en el cual el amoníaco es convertido a nitratos es llamado “nitrificación”. La nitrificación ocurre cuando un grupo de bacterias llamadas nitrificantes transforman el amoníaco a nitritos (NO_2) y después a nitratos (NO_3), los cuales son absorbidos por las raíces de las plantas.

Amonificación

La “amonificación” es la producción de amoníaco a partir de la descomposición de compuestos nitrogenados como los aminoácidos y la urea, encontrados en organismos muertos y en sus desechos. Este proceso es llevado a cabo por los descomponedores. El amoníaco producido puede permanecer en el suelo o puede ser usado por bacterias nitrificantes para producir nitratos. Tanto el amoníaco como los nitratos en el suelo son absorbidos por las raíces de las plantas y son utilizados para producir aminoácidos y otros compuestos de nitrógeno. Esos compuestos llegan a ser parte de las células de las plantas y cuando un consumidor ingiere estas plantas, los compuestos de nitrógeno llegan a ser parte del cuerpo del consumidor.

Desnitrificación

La “desnitrificación” es la conversión de los nitratos a gas nitrógeno. Este proceso es realizado por un grupo de bacterias anaerobias llamadas desnitrificantes, las cuales degradan los nitratos y liberan el nitrógeno a la atmósfera.

Como habrás observado, los ecosistemas son sostenidos por un flujo continuo de energía de la luz solar y por un reciclamiento constante de las sustancias inorgánicas.

Alteración de los ciclos biogeoquímicos

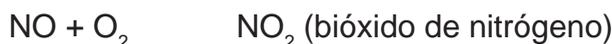
El funcionamiento correcto y la estabilidad de los ecosistemas dependen de que se mantenga el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos, es decir, no deben ser alterados.

En tiempos pasados, los seres humanos disponían solamente de la energía solar para tener calor y luz y producían desechos que eran degradados fácilmente, no habiendo alteración de los ciclos. Sin embargo, en la actualidad, a causa del aumento de la población y la tecnología, los seres humanos están interfiriendo gravemente en los ciclos; por ejemplo, ahora se usa ampliamente la energía producida por los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo.

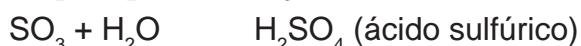
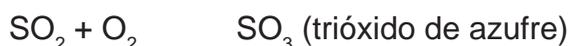
Casi todas las actividades humanas realizadas en el presente afectan uno o más ciclos biogeoquímicos, lo cual puede ser de consecuencias muy graves para el futuro de la vida en nuestro planeta. De hecho, desde hace algún tiempo ya se presentan algunas alteraciones ambientales que afectan a nivel mundial como son la **lluvia ácida** y el **efecto de invernadero**, causados por la interferencia humana en los ciclos naturales del nitrógeno y del carbono, respectivamente. El efecto de invernadero será tratado en la siguiente unidad.

Lluvia ácida

La lluvia ácida se produce cuando los contaminantes gaseosos como los óxidos de nitrógeno (NO y NO_2) y el bióxido de azufre (SO_2) se combinan con el oxígeno y el agua atmosféricos, convirtiéndose en ácido nítrico y ácido sulfúrico, respectivamente. Estos ácidos caen a la tierra como componentes de la lluvia, que en este caso recibe el nombre de lluvia ácida. Las reacciones químicas que se llevan a cabo en la atmósfera son:



El óxido de nitrógeno cuya principal fuente emisora es el escape de los automóviles se combina con el oxígeno del aire y se transforma en bióxido de nitrógeno que, al combinarse con el vapor de agua en la atmósfera, se convierte en ácido nítrico.



El bióxido de azufre se combina con el oxígeno para formar trióxido de azufre que, al reaccionar con el vapor de agua, origina el ácido sulfúrico, uno de los ácidos más fuertes y corrosivos que existen.

Tanto el bióxido de azufre como los óxidos de nitrógeno se originan principalmente por las actividades humanas en las que se utilizan los combustibles fósiles para la obtención de energía. El bióxido de azufre proviene en gran parte de las centrales de energía al quemar carbón o petróleo, de las calderas industriales, las fundiciones y las refinerías. Por ejemplo, varios países de Europa, Estados Unidos y Canadá arrojan anualmente 100 millones de toneladas de bióxido de azufre a la atmósfera. Las actividades industriales mencionadas anteriormente producen 90% del bióxido de azufre en la atmósfera, el resto es emitido por los volcanes y las aguas termales.

Los óxidos de nitrógeno son emitidos por los vehículos, las plantas eléctricas y la industria.

Haciendo un poco de historia, los primeros datos sobre la lluvia ácida se remontan a hace más de un siglo, cuando el científico británico Robert Angus se dio cuenta que la lluvia que caía sobre la ciudad inglesa de Manchester dañaba la vegetación, las piedras y el hierro debido a su acidez. Pero la gravedad de este fenómeno no fue advertida sino hasta 1960, cuando los bosques y lagos de muchas ciudades europeas empezaron a morir.

Son muchos y muy graves los daños que la lluvia ácida causa a la naturaleza, algunos de ellos se mencionan a continuación.

- Este fenómeno ha causado la destrucción de una gran cantidad de bosques, principalmente en Europa, donde se ha perdido más de 30% de este recurso natural. Los árboles envenenados y privados de nutrientes se debilitan y se hacen más vulnerables a las infecciones por hongos y a los ataques de los insectos.
- En los lagos, ríos y estanques, la lluvia ácida provoca la muerte de una gran cantidad de plantas y animales de estos ecosistemas, lo cual se debe a que sus ciclos vitales son alterados como resultado de la acidez del agua. Por ejemplo, los huevos de los peces no se desarrollan en aguas ácidas.
- La lluvia ácida que drena por el suelo arrastra a su paso nutrientes esenciales para las plantas como el calcio y el potasio, lo cual disminuye el crecimiento y la producción de las cosechas.
- La lluvia ácida puede matar a microorganismos descomponedores, impidiendo con esto el regreso de nutrientes al suelo.
- También una de las características de las aguas ácidas es que contienen una mayor cantidad de metales tóxicos como el aluminio, el mercurio y el plomo. Estos metales son disueltos de las rocas por el agua acidificada. Por ejemplo, el aluminio puede inhibir el crecimiento vegetal y en los lagos ácidos causa que se acumule moco en las agallas de los peces, que los sofoca, produciéndoles la muerte.
- En los seres humanos, la lluvia ácida produce irritación de las vías respiratorias, de la piel y los ojos.

Otro problema generado por la lluvia ácida es la destrucción de edificios, monumentos y reliquias históricas, ya que corroe el mármol, metales y otros materiales de construcción. Europa es uno de los continentes más afectados, aunque este hecho se ha presentado en todo el mundo. Entre los lugares más dañados están las ruinas griegas de la Acrópolis, en Grecia; los edificios y monumentos medievales de Florencia, el Coliseo, en Roma y el Taj Mahal, en la India. En América, las ruinas mayas, quiches e incas también han sido dañadas por este fenómeno.

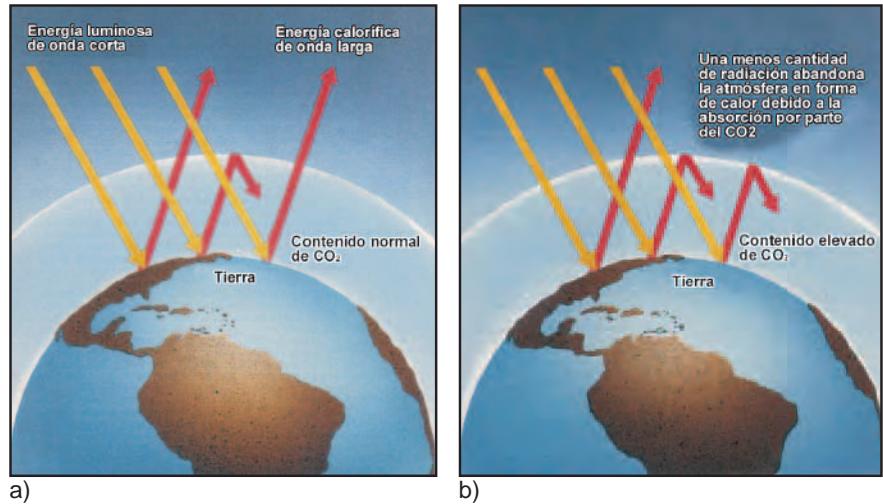


Figura 3.23 Efecto de invernadero, a) Un contenido CO_2 en la atmósfera ha permitido la presencia de vida en la Tierra. b) Pero al aumentar el CO_2 atmosférico hay una mayor absorción de energía calorífica y, por lo tanto, un aumento en la temperatura del planeta.

Interacciones en las comunidades

Una comunidad comprende todas las poblaciones de organismos que habitan un ambiente común y que interactúan entre sí. Estas interacciones son las fuerzas principales de la selección natural. También regulan el número de individuos de cada población y el número y tipo de especies existentes en la comunidad. Por esto, es muy importante conocer los tipos de interacción que pueden tener los organismos de una comunidad. Cuando los organismos que interactúan entre sí son de poblaciones distintas, se trata de una “relación interespecífica”, y cuando los organismos son de la misma especie tienen una “relación intraespecífica”.

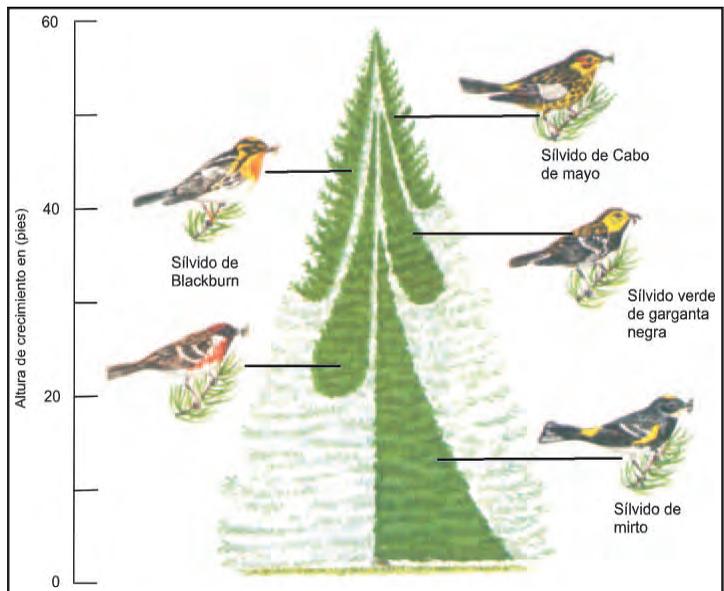


Figura 3.24 Cada una de las cinco especies de silvidos tienen una zona de alimentación diferente en el abeto.

Las interacciones entre las diferentes poblaciones son muy variadas y complejas, pero se pueden clasificar en tres tipos principales: competitivas, depredadoras y simbióticas.

Competencia

Ocurre cuando las dos poblaciones que interactúan compiten por un mismo recurso, el cual suele estar limitado. Algunos de los recursos por los cuales los organismos suelen competir son el alimento, el agua, la luz, el espacio vital, los sitios de nidificación o las madrigueras. La competencia puede ser intraespecífica o interespecífica. La competencia intraespecífica en ocasiones es buena, pues ayuda a que sobrevivan los mejor dotados. La competencia generalmente es mayor entre los organismos que tienen requerimientos y estilos similares, apareciendo la “exclusión competitiva” o de Gause, en la cual, si dos especies están compitiendo por un mismo recurso limitado, inevitablemente una de ambas superará a la otra y la menos adaptada morirá. Este principio de la exclusión competitiva fue formulado en 1934 por el biólogo ruso G.F. Gause.



Figura 3.25 Ejemplos de depredación: a) un murciélago tropical cazando un insecto y b) un oso atrayendo un salmón.

El principio de exclusión competitiva de Gause nos llevaría a pensar que sólo podrían hallarse especies diferentes coexistiendo en las comunidades naturales. Pero, en realidad, es frecuente encontrar especies muy similares que viven juntas en la misma comunidad. Este fenómeno llamado “división de los recursos” es una adaptación evolucionista que reduce los efectos dañinos de la competencia interespecífica. La división de los recursos es el resultado de la coevolución (evolución conjunta) de las especies con una gran invasión de nichos, mas no total, es decir, ocupan un nicho más pequeño que si estuvieran solas. Este fenómeno ha sido observado, en diversos grupos de animales como insectos, peces, roedores del desierto y algunas aves. Un ejemplo muy conocido es el de los sílvidos, cinco especies de pájaros muy emparentados que viven en algunos bosques de Estados Unidos. Los sílvidos tienen aproximadamente el mismo tamaño, se alimentan de insectos y viven en el mismo tipo de abeto. Al observarlos, se ha descubierto que cada especie caza insectos en diferente región del abeto (figura 3.24), y anida en tiempos ligeramente diferentes. De tal manera que al dividir el recurso, los sílvidos minimizan la invasión de sus nichos y reducen la competencia entre las diferentes especies.

Depredación

Es la interacción en que algunos organismos devoran a otros. Además de los animales que comen a otros animales, también se consideran depredadores a los animales herbívoros, es decir, a los que se alimentan de plantas. También las plantas carnívoras se consideran depredadoras. En este tipo de relación, una especie (depredador) afecta nocivamente a la otra (presa). Son ejemplos de depredadores un antílope que mordisquea la artemisa, una vaca pastando, una drosera (planta carnívora) que digiere un insecto, un murciélago que se abalanza sobre una rana, un oso que atrapa un salmón y un jaguar que se alimenta de un venado. Por lo general, los depredadores son más grandes que su presa o cazan en conjunto, como los lobos cuando derriban un alce. La depredación constituye una fuerza favorable en la selección natural de la especie cazada, pues se selecciona como víctimas a los menos aptos (viejos, lisiados y enfermos).

Simbiosis

La simbiosis, que significa vivir juntos, es una asociación estrecha durante un período largo entre organismos de dos especies diferentes. Las relaciones simbióticas son: parasitismo, comensalismo y mutualismo.

Parasitismo

En el parasitismo, una especie (parásito) vive sobre o dentro de su presa (huésped), dañándola o debilitándola, pero sin matarla de inmediato. El parasitismo se puede considerar una forma especial de depredación, en la que el depredador (o sea el parásito) es mucho más pequeño que la presa. Las plantas y los animales de una comunidad mantienen cientos de especies parásitas. Entre los parásitos conocidos se tiene a las tenias o gusanos planos que viven en el intestino humano, las pulgas, los piojos y varios protozoarios, bacterias y virus patógenos. Un ejemplo de vertebrado parásito es la lamprea, un pez primitivo que se adhiere a otro pez por medio de su boca succionadora para chupar su sangre.

Comensalismo

El comensalismo, ocurre cuando la relación entre dos especies beneficia a una sin afectar a la otra. Son varios los ejemplos de co-



Figura 3.26 Cola de ballena gris que muestra muchos percebes adheridos a su piel.

mensalismo que se observan en la naturaleza, por ejemplo: el de las aves y los árboles en los cuales anidan. Las aves obtienen albergue y protección sin afectar a los árboles. El de las orquídeas que se adhieren a los árboles sin dañarlos para obtener soporte y acceso a la luz solar. El de los percebes, crustáceos inofensivos que se adhieren a la piel de animales marinos como las ballenas y los manatíes. Los percebes obtienen transporte gratis por aguas ricas en alimento (figura 3.26). Otro caso de comensalismo muy curioso es el de un pez que vive en el intestino del pepino de mar, en el que entra y sale a voluntad sin causarle ningún daño. El pez obtiene protección del pepino de mar ya que en cuanto sale al exterior es devorado rápidamente por otros peces.

Mutualismo

En el mutualismo, las dos especies que interactúan se benefician. Son muchos los casos de relaciones mutualistas, aquí mencionaremos sólo algunas de ellas. Un primer caso es el del pez limpiador, que penetra en la boca y las branquias de otros peces más grandes que ellos para comerse los parásitos y restos de alimentos. El pez limpiador obtiene así su comida con facilidad y el pez que se deja limpiar resulta beneficiado en su salud. Otro



a)



b)

Figura 3.27 Relaciones mutualistas entre: a) el pez payaso y la anémona de mar y b) un cangrejo ermitaño y anémonas de mar.

ejemplo es el del pez payaso, que busca albergue y protección entre los tentáculos venenosos de una anémona, la cual recibe a cambio pedazos de alimento que el pez le proporciona de vez en cuando. Un tercer ejemplo es el del cangrejo ermitaño que pone anémonas en la parte superior de la concha de caracol donde habita. Las anémonas protegen al cangrejo y a su vez obtienen movilidad, lo que les permite una mayor gama de alimentos. Un cuarto ejemplo es la relación que se establece entre las bacterias fijadoras de nitrógeno y algunas plantas como las leguminosas. Estas bacterias viven en nódulos en las raíces de las leguminosas, donde obtienen alimento y albergue por parte de la planta y a cambio fijan el nitrógeno de forma que lo pueda utilizar ésta.

En los casos anteriores, ambas especies pueden vivir separadas, pero existen otras relaciones mutualistas donde las dos especies han coevolucionado al grado de que no pueden vivir separadas, como en los siguientes dos ejemplos. El primero es

el de las polillas comedoras de madera que tienen en su intestino protozoarios degradadores de celulosa; gracias a éstos, las polillas pueden alimentarse con los azúcares provenientes de la degradación de la celulosa de la madera y, por otra parte, los protozoarios obtienen alimento y un lugar adecuado donde vivir. El segundo es el de los líquenes, organismos constituidos por un hongo y un alga. El hongo, al no poder realizar la fotosíntesis, obtiene toda su energía alimenticia del alga y ésta a su vez es protegida de la deshidratación por el hongo.

Algunos autores como E.P. Solomón y colaboradores mencionan que actualmente se le considera al líquen un caso de parasitismo controlado en el que el hongo obtiene su alimento de las algas, pero no mata inmediatamente las células de las algas.

Sucesión ecológica

Todos los organismos vivientes en un área forman una comunidad. Estos organismos compiten a menudo con otros por alimento, refugio y luz solar. La competencia puede eliminar una o más de las poblaciones de una comunidad. Las poblaciones pueden mudarse a nuevos lugares o sus miembros pueden morir.

Un cambio en una población de la comunidad puede crear a veces nuevas condiciones que afectan los nichos o a los miembros restantes de la comunidad. Los nichos pueden también ser afectados por factores tales como el fuego, inundaciones, terremotos y actividad volcánica. Cuando se presentan condiciones nuevas en una comunidad, los organismos que no podían vivir en el área anteriormente, ahora pueden formar sus hogares en ese lugar. La **sucesión ecológica** es un cambio en la comunidad en la cual nuevas poblaciones de organismos reemplazan gradualmente a las existentes.

Los disturbios naturales pueden establecer condiciones para la sucesión por la apertura de nichos que fueron previamente ocupados. La sucesión puede ocurrir naturalmente como resultado de la competencia entre diferentes especies. Las actividades humanas tales como minería, construcción, tala de árboles y agricultura también conducen a una sucesión ecológica. Hay dos formas principales de sucesión: primaria y secundaria. En ambas hay cambios tanto en las poblaciones como en el ambiente abiótico o no vivo.

Sucesión primaria

La sucesión puede iniciar en un área donde no existe vida animal o vegetal. Usualmente este tipo de sucesión inicia con un evento principal, por ejemplo, una erupción volcánica, la cual destruye completamente el suelo y los organismos vivientes en un área. La sucesión que inicia en un área donde no existe una comunidad es llamada **sucesión primaria**. Esta área de nueva formación puede ser unas rocas peladas o desnudas, la arena, la lava fría o un lago o estanque de origen glacial. El proceso de sucesión primaria con frecuencia requiere de miles o decenas de miles de años.

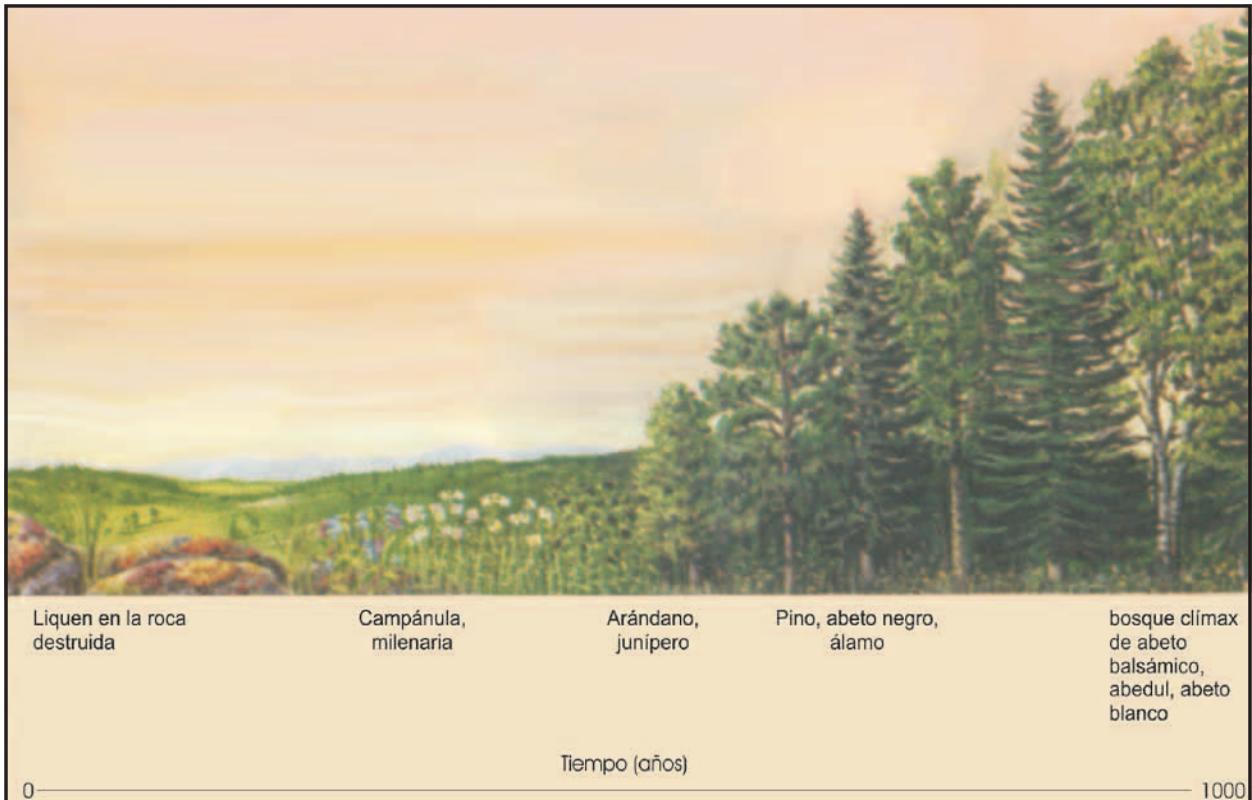


Figura 3.28 Sucesión primaria que ocurre en las rocas desnudas, donde al cabo de mil años en el lugar donde estas se encontraban, ahora existe un bosque de abetos.

El primer grupo de organismos que ocupan un área en la sucesión primaria es llamada comunidad “pionera” o “colonizadora”. Estos organismos deben ser resistentes y capaces de vivir con recursos mínimos. Por ejemplo, el proceso de sucesión primaria que se lleva a cabo en unas rocas que quedaron expuestas por un deslizamiento del suelo, se inicia con la llegada de los organismos pioneros en este caso los líquenes. Los líquenes son organismos colonizadores; a diferencia de la mayoría de los organismos, los líquenes pueden crecer en las rocas, en el suelo y sobre la corteza de los árboles. Los líquenes producen ácidos que rompen la roca por lenta disolución de minerales. Cuando los líquenes mueren, sus restos también son adicionados a la formación del suelo.

La formación del suelo es usualmente la primera etapa en la sucesión primaria. Con el tiempo, el suelo se acumula para soportar el crecimiento de pastos. Los pastos germinan de semillas acarreadas por el viento o por animales. Cuando los pastos llegan a ser demasiado densos, no hay luz suficiente o espacio para sostener el crecimiento de líquenes y desaparecen de la comunidad.

Después de que la generación de pastos ha florecido por varias generaciones, los suelos llegan a ser más profundos para el crecimiento de arbustos y raíces de malas hierbas, llegando a ser más numerosos que los pastos. Al mismo tiempo, continúa el proceso de construcción del suelo llegando a ser más fértil y profundo.

Con el tiempo, el suelo se acumula para sostener el crecimiento de árboles tales como los pinos. A medida que más pinos empiezan a crecer, el bosque de pinos puede ser estabilizado. En la sombra de los pinos, las condiciones se pueden modificar de tal modo para favorecer la germinación de semillas de otros árboles de raíces más profundas, tales como el maple y la haya. Eventualmente, los pinos pueden ser reemplazados por un bosque de hoja ancha, los cuales son conocidos como bosques deciduos, por cambiar su follaje cada año al tornar el color de sus hojas a colores rojo, amarillo y naranja en el otoño, antes de perder el follaje.

Sucesión secundaria

Algunas veces el balance en una comunidad existente es perturbado forzando a salir o desaparecer solamente algunas poblaciones. La sucesión que ocurre en un área donde una comunidad existente ha sido parcialmente destruida es llamada **sucesión secundaria**. Debido a que el suelo ya está presente y el área no ha sido totalmente destruida de su vida vegetal, la sucesión secundaria tiende a ocurrir más rápidamente que la sucesión primaria. La sucesión secundaria ocurre en una finca abandonada, un solar vacío, un bosque destruido por el fuego o en un campo agrícola abandonado.

Comunidades clímax

Eventualmente, la sucesión se retarda y la comunidad es más estable. Esta comunidad está formada por organismos que están bien adaptados al ambiente y son buenos competidores de recursos. Una comunidad que alcanza una estabilidad relativa es llamada **comunidad clímax**.

Las comunidades clímax tienden a mantener diversidad de especies más grandes que las comunidades que las preceden. Con más especies, hay más interacciones entre los organismos. Algunos ecologistas piensan que esas interacciones ayudan a estabilizar la comunidad. Sin embargo, aun las comunidades clímax experimentan cambios cuando algo las altera, como puede ser un repentino desastre natural (incendios, huracanes e inundaciones), donde la comunidad clímax puede ser rápidamente destruida y los procesos de sucesión pueden iniciar de nuevo. A medida que la comunidad progresa de los pioneros a la comunidad clímax, los organismos alteran gradualmente el ambiente abiótico.

Actividades

1. Para reflexionar
 - Piensa en algún ecosistema que conozcas y trata de esquematizar las cadenas tróficas que en él ocurren. Imagina qué podría pasar en caso de llegar a perderse algún eslabón, esto es, en caso de que alguna especie desapareciera.
 - Describe tu hábitat. ¿Cuál es tu nicho? ¿Cuál será tu nicho de aquí a 10 años?
 - La alimentación para toda la humanidad se ha convertido en una preocupación importante. Considera dos tipos de dieta para los habitantes de la Tierra: una que consta casi totalmente de plantas y otra que consta casi totalmente de carne. ¿Qué tipo de dieta tendría mayor impacto en la solución del problema de satisfacer las necesidades de alimento de la población.
 - En el Océano Pacífico ha surgido una nueva isla volcánica. Usa tus conocimientos de ecología para discutir qué es lo más probable que le pase a la isla.
2. Describe el ciclo del agua y menciona por qué es importante para el desarrollo de la vida en la Tierra.
3. Realiza un ensayo sobre el siguiente tema: ¿Cómo puedo contribuir en la conservación y mejor uso del agua?



UNIDAD 4

**LA GLOBALIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES:
DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL**

Introducción

Algunos problemas ambientales por su magnitud y por su extensión son considerados globales, ya que al ser producidos o causados en algunos lugares específicos tienen efectos en todo el planeta, que es lo que actualmente está sucediendo en la Tierra.

Los dos problemas ambientales que se han estado globalizando inmediatamente que nosotros enfrentamos son:

- La alta incidencia de radiación ultravioleta sobre la superficie de la Tierra como consecuencia de la destrucción de la capa de ozono.
- El cambio climático debido a la introducción artificial de grandes cantidades de gases de invernadero hacia la atmósfera.

Estos problemas están interrelacionados: ambos son causados por la introducción de grandes cantidades de gases, producidos por el hombre, a la atmósfera y, en muchos casos, son los mismos gases los que están implicados en ambos problemas. Los cloro-fluorocarbonos (CFC's), por ejemplo, son no sólo el principal agente en la destrucción de la capa de ozono, sino también, es un gas de invernadero.

La historia de la alteración que ha producido el género humano a la capa de ozono no es muy antigua, ya que este problema ambiental fue detectado formalmente en 1974, y para 1990 diferentes gobiernos, organizaciones civiles del mundo ya habían propuesto soluciones. Se trataba, desde entonces, de buscar soluciones a un escurridizo problema global que amenaza toda la vida del planeta. Además, es uno de los problemas ambientales más complejos en el mundo. El problema que le sigue en importancia es el del calentamiento global causado por la acumulación de gases de invernadero.

Destrucción progresiva de la capa de ozono

El ozono en la naturaleza

El ozono (O₃) es un importante componente natural de la estratosfera. El ozono en la estratósfera, de manera natural se encuentra en cantidades más bien escasas entre los 10 y 50 kilómetros de altura sobre el nivel del mar. En esas alturas está más concentrado entre los 20 y 25 kilómetros, segmento que se le llama comúnmente, capa de ozono.

El ozono se forma en la estratósfera cuando la radiación ultravioleta (UV) de alta energía desdobra las moléculas de oxígeno normal (O_2) en oxígeno atómico (O). El oxígeno atómico liberado puede, entonces, combinarse con moléculas de oxígeno normal para formar la forma triatómica del ozono. Bajo condiciones naturales, el ozono está formándose en la atmósfera siendo producido por varias reacciones. La molécula de ozono puede absorber luz ultravioleta y desdoblarse en O_2 y en O. Este oxígeno atómico O puede combinarse con O_2 para formar ozono de nuevo, combinarse con otra molécula atómico para formar O_2 o combinarse con cualquier otra sustancia cercana que ande en la estratósfera.

Si no tomáramos en cuenta la emisión de gases que produce el género humano, existiría un equilibrio dinámico entre la producción y la destrucción del ozono.

La cantidad de ozono en la estratósfera es pequeña, tan pequeña que si lo precipitáramos al nivel del mar apenas formaría sobre la superficie terrestre una capa de unos 3 milímetros de espesor. Sin embargo, ese poco ozono estratosférico es esencial para la preservación de las formas actuales de vida sobre la superficie terrestre.

La capa de ozono actúa como coraza protectora que absorbe la peligrosa radiación ultravioleta B. Cuando una molécula de ozono es golpeada por las ondas de luz ultravioleta B (UV-B), absorbe la energía contenida y se fotodisocia en O y en O_2 liberando al mismo tiempo calor. Esto logra que la radiación ultravioleta no llegue a la superficie de la Tierra y también causa una inversión de la temperatura en la estratósfera que ayuda a mantener relativamente estable las condiciones climáticas sobre y cerca de la superficie terrestre.

Agresión humana a la capa de ozono

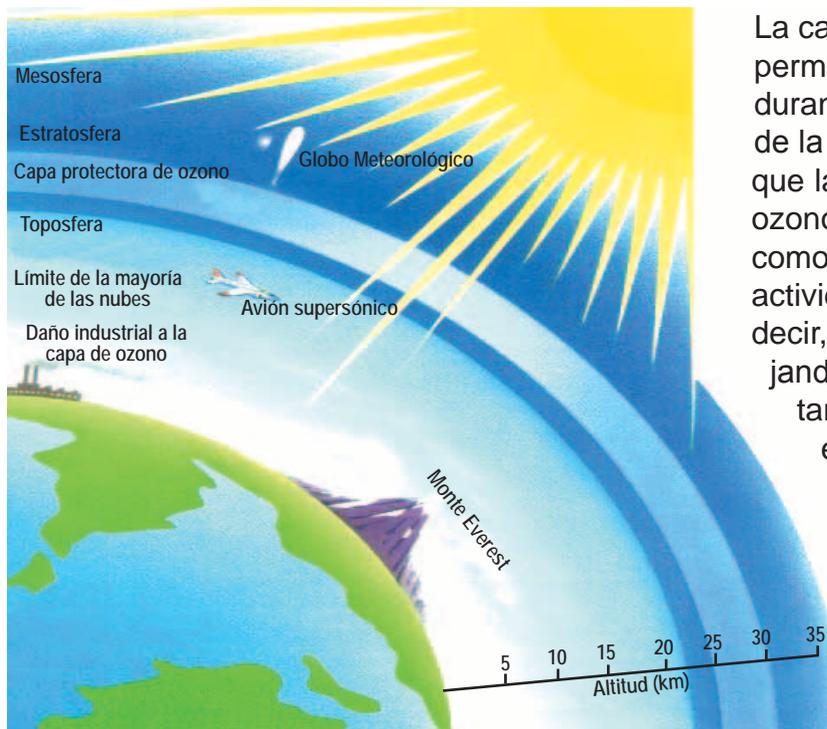


Figura 4.1 Representación gráfica de las capas atmosféricas.

La capa de ozono estratosférica ha permanecido en equilibrio dinámico durante eternidades. A principios de la década de 1970 se descubrió que la concentración de la capa de ozono disminuía continuamente, como consecuencia de diversas actividades del género humano, es decir, la humanidad ha estado arrojando enormes cantidades de sustancias que destruyen al ozono, especialmente una clase de sustancias llamadas cloro-fluorocarbonos (CFC's).

Entre 1973 y 1974 los científicos Sherwood Rowland y el ingeniero químico mexicano Mario Molina descubrieron el efecto de la acumulación

en la estratósfera de los CFC's en la capa de ozono. Por estas investigaciones ambos científicos se hicieron merecedores del Premio Nóbel de Química, pero, hasta 1995.

A los pocos años el tema de la destrucción de la capa de ozono era una controversia a nivel mundial. Las grandes empresas transnacionales que fabricaban estas sustancias negaban ser los causantes de tal destrucción del ozono. Mientras que diversos grupos ciudadanos conscientes de ese deterioro ambiental planteaban en todos los foros civiles y oficiales las señales de alerta acerca de conservar la capa de ozono, aún y a pesar de se generaran problemas financieros a dichas empresas o a los países productores de CFC's. Se consideró un logro de todos los grupos activistas cuando en 1978 en los Estados Unidos se prohibió el uso de los CFC's como expulsor de los aerosoles ("sprays" fijadores de pelo, en pinturas, lacas, desodorantes, perfumería, etc.). Este logro sólo era parcial pues no se prohibió el uso total de los CFC's, sino solamente en uno de los productos (como los propelentes de los aerosoles) donde se usaba esta sustancia. Poco después, se detectó y se hizo público la existencia de un hoyo en la capa de ozono sobre la Antártica, o como lo dijo Carl Sagan: ahora "falta un pedazo de cielo".

¿A quién puede importarles todo esto? Allá arriba, en el cielo, algunas moléculas invisibles son destruidas por otras moléculas invisibles elaboradas aquí en la Tierra. ¿Por qué deberíamos preocuparnos?

Porque el ozono es nuestro escudo contra la luz ultravioleta del Sol.

¿Cómo se ha destruido la capa de ozono?

La destrucción de la capa de ozono empezó en 1928 cuando ingenieros de la General Motors sintetizaron una nueva sustancia que reemplazaba al dióxido de sulfuro y amoniaco como refrigerantes básicos. A esta nueva clase de sustancias se les dio el nombre comercial de "freones" y químicamente forman parte del grupo de clorofluorocarbonos (CFC's). Estas sustancias fueron consideradas como un éxito tecnológico, pues según decían era muy seguro, pues no eran combustibles, no eran corrosivos, inertes, y no son tóxicos; características que los hacían ideales para muchos usos industriales. Se utilizaban como refrigerantes en los aires acondicionados de viviendas, de automóviles y de los refrigeradores domésticos. Además se pusieron de moda como propulsores del contenido de los aerosoles, y en la elaboración de paneles aislantes como el unicel para fabricar case-

tones en la construcción de techos, hieleras, extinguidores de incendios, inhaladores farmacéuticos para asmáticos y muchos otros productos como los plásticos. Se usaba como disolvente y agente limpiador.



Figura 4.2 Representación del adelgazamiento en la capa de ozono estratosférico.

La estabilidad química de los CFC's les ha permitido flotar y acumularse durante mucho tiempo en la atmósfera y dado su pequeño peso, ascender paulatinamente hasta la estratósfera donde está la capa protectora de ozono que encuentra y la destruye.

La cantidad de CFC's fue aumentando con los años, pues mientras en 1950 se produjeron 50 mil toneladas de freones, en 1976 se producían 725 mil toneladas. Se calcula que cuando menos un 90% de esas sustancias fueron a parar a la atmósfera inmediatamente después de su uso. El 10% quedó en recipientes o en los refrigeradores que no fueron perforados. En total se calcula que han sido arrojados a la atmósfera, 20 millones de toneladas de freones o CFC's. Estas sustancias no se disuelven en agua, es decir, no los arrastra la lluvia, por lo que flotan hasta llegar hasta la estratósfera.

Ya en la estratósfera, la radiación ultravioleta rompe la molécula del CFC y libera cloro atómico. Este cloro atómico es muy reactivo y le quita un oxígeno al ozono, dejándolo como O_2 .

Esta molécula de oxígeno también es afectada por las radiaciones ultravioleta produciendo dos átomos de oxígeno libre. La molécula de monóxido de cloro (ClO) que es muy reactiva reacciona con el oxígeno atómico libre para formar de nuevo oxígeno molecular y cloro atómico, que de nuevo destruye el ozono en una interminable reacción en cadena. Solamente hay una manera de parar esta reacción en cadena, es por medio de la lluvia que disuelve al cloro y ayuda a eliminar dicho cloro de la atmósfera.

De acuerdo con los cálculos de Molina y Rowland la disminución del ozono debido a los CFC's amenaza la existencia de vida en el planeta. Ellos y otros muchos ambientalistas pugnaron por una prohibición de los CFC's. Era claro que las grandes compañías fabricantes de estas sustancias iban a resultar supuestamente afectadas, y por consecuencia, se opusieron. Aún así el uso de los CFC's fue prohibido como agente propelente en aerosoles. Poco tiempo después, entre 1983 y 1985, se demostró que existía un hoyo en la capa de ozono sobre la Antártica, tan extenso como la superficie de los Estados Unidos, y que fue causada por el cloro que contiene los clorofluorocarbonos. Las deducciones científicas publicadas y defendidas por Mario Molina y Sherwood Rowland, quedaron plenamente demostradas.

La acción internacional pronto se dejó notar. En 1985 representantes de cerca de una docena de países se reunieron para considerar que se podría hacer para proteger la capa de ozono. Después de varios llamados a los gobiernos y reuniones se culminó con el acuerdo entre 24 países industrializados llamado el Protocolo de Montreal, donde se acordó congelar la producción de los CFC's (referido a la producción de 1986) y gradualmente reducirla hasta un 50% para los años de 1999. No fue suficiente, pues el agrandamiento del hoyo en la Antártida y el adelgazamiento de la capa de ozono en el hemisferio norte, exigía medidas más drásticas. Es necesario decir que el Protocolo de Montreal no tomaba en cuenta otras sustancias que también destruyen el ozono como el metil cloroformo y el tetracloruro de carbono.

Hoy en día, el Protocolo de Montreal es reconocido como uno de los esfuerzos internacionales más exitosos para proteger el medio ambiente mundial, con 189 países que forman parte de este acuerdo internacional y tienen el compromiso de eliminar todas las sustancias que agotan la capa de ozono, siguiendo estrictos calendarios. México ha sido un activo promotor del Protocolo de Montreal.

En la zona Ártica la reducción de ozono llega al 10%. En otros lugares como Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Sudamérica, las pérdidas del ozono van del 3 al 10%. En Norteamérica, Europa y grandes porciones de Asia el decremento en la capa de ozono llega al 14%.

Los científicos estiman que la capa de ozono va a seguir adelgazándose hasta cuando menos el año 2050, resultando una pérdida de ozono que pueda alcanzar la cifra del 30% global. En esta tardanza intervienen varios factores: uno es que los CFC's se siguen produciendo en algunos países, un segundo factor es que los CFC's tienen una vida media entre 75 y 110 años.

Una pequeña cantidad de luz ultravioleta es necesaria para bienestar de los humanos y otras especies. La luz ultravioleta promueve la producción de la vitamina D en los humanos, y en pequeñas cantidades, actúa como un germicida para controlar poblaciones de microorganismos. Sin embargo, si se sigue elevando la incidencia de la radiación ultravioleta tipo B a la superficie de la Tierra puede tener numerosos efectos adversos en la salud del humano y otras especies y también puede causar la degradación de algunos materiales no vivos. Por cada 1% de destrucción de la capa de ozono, la intensidad de la radiación ultravioleta B se incrementa un 2%.

El problema más ampliamente mencionado por el aumento de la radiación ultravioleta es el incremento de cáncer de piel y producción de cataratas en los humanos. El ADN, molécula informativa de nuestros rasgos hereditarios es extremadamente sensible y puede ser dañado por la radiación UV-B. Un 10% en la destrucción del ozono puede llevar a un incremento del 26% de un tipo de cáncer de piel.

Sin embargo, hemos oído hablar de que el ozono es un contaminante, y esto se debe al hecho de que al ozono también lo encontramos en las capas bajas de la atmósfera como uno de los principales contaminantes a nivel superficial del planeta. Hay una cantidad de ozono que es producido por industrias y por automóviles y que se expulsa a las capas bajas de la atmósfera, es decir, a la troposfera (la capa atmosférica que está debajo de la estratosfera y por encima de la superficie terrestre) y que ayudan inadvertidamente a absorber radiación ultravioleta protegiendo a la superficie de dichas radiaciones. Sin embargo, por ser el ozono muy reactivo forma parte del smog fotoquímico y oxida todo lo que encuentra a su paso.

Calentamiento global

El efecto invernadero

El Sol es la principal fuente de energía para la Tierra y, dada su temperatura de alrededor de 5 500°K, la radiación que emite es prin-

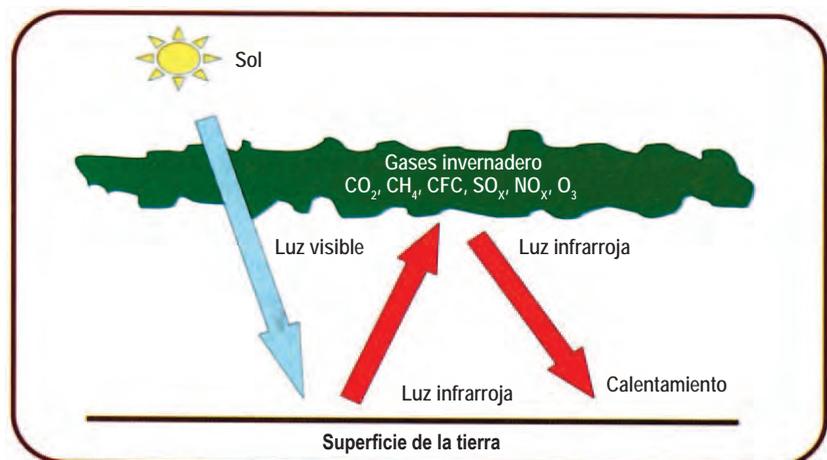


Figura 4.3 Esquema que indica la llegada de radiación ultravioleta a la superficie terrestre y su reflexión por el ozono en la estratosfera.

principalmente de onda corta. La atmósfera terrestre es casi transparente, esto es, no refleja este tipo de radiación, con excepción de las nubes, la nieve y el hielo que son reflejantes. De toda la radiación que llega a la capa exterior de la atmósfera, sólo el 70% alcanza a calentar la superficie.

Las ondas cortas de alta energía de la radiación solar que se emiten desde el Sol, llegan a la Tierra. Sólo una fracción de esas radiaciones entrantes es reflejada por la atmósfera hacia el espacio; sin embargo, la mayor parte de esa radiación entrante alcanza a pasar a través de la atmósfera absorbiéndose como calor. La Tierra se calienta y, como cuerpo caliente, emite radiación de onda larga (alrededor del infrarrojo) o radiación térmica. La radiación infrarroja pasa entre la atmósfera, pero en lugar de ser irradiada hacia el espacio, mucha de ella se absorbe por la atmósfera y la vuelve a radiar hacia la superficie. Este fenómeno ocurre a causa de que los gases componentes de la atmósfera, conocidos como gases invernadero como el vapor de agua, bióxido de carbono, metano y óxidos nitrosos son capaces de atrapar parte de esa radiación infrarroja que sale desde la superficie de la Tierra para reenviarla en todas direcciones.

De esta manera los gases atmosféricos o de invernadero actúan como un filtro en un solo sentido, permitiendo pasar la energía solar, pero no permite al calor infrarrojo que se escape a la misma velocidad. Este proceso es parecido al que se da en los invernaderos de la agricultura que se usan en las estaciones frías, pues dejan pasar la luz del Sol, pero detienen, en parte, la radiación de calor de las ondas largas que tratan de disiparse. Aún en un día muy frío sólo se necesita que brille el Sol, para que en un invernadero la temperatura sea más cálida que en el exterior.

Como resultado de este complejo de radiaciones, hay más energía disponible en la Tierra, lo cual es causante de la elevación de la temperatura cercana a la superficie, y puesto que un objeto a mayor temperatura produce más energía, se irradia más de esta hacia el espacio hasta compensar la que llegó del Sol, con el fin de lograr un equilibrio a largo plazo.

Si no existiera una atmósfera con gases de efecto invernadero, la temperatura promedio sería alrededor de 35°C más fría y, a no ser por el efecto invernadero natural de la atmósfera, la temperatura global promedio sería de alrededor de 17°C bajo cero. Existe un equilibrio natural que no permite que la temperatura sea demasiado alta ni baja. Sin embargo, se ha demostrado que la intervención de la humanidad al emitir y acumular excesivamente gases provenientes de la combustión en automóviles, industrias e incendios, altera esos equilibrios naturales llevándonos a un calentamiento que no sólo tiene efectos en los lugares que se producen, sino que se extienden a todo el resto del mundo, es decir, alcanzan una dimensión verdaderamente global.

El gas de invernadero mejor conocido es el bióxido de carbono (CO_2). El bióxido de carbono es exhalado por los seres vivos, incluyendo a las plantas. Son las plantas las que, a su vez, vuelven a tomar bióxido de carbono para realizar la fotosíntesis. Una pequeña cantidad de bióxido de carbono es necesaria para la vida en la Tierra. Sin este gas la Tierra fuera demasiado fría como para poder sostener a los seres vivos, y además, las plantas no tendrían el insumo necesario para fotosintetizar. Por otra parte, un exceso de bióxido de carbono causaría un sobrecalentamiento de la Tierra. Este exceso de bióxido de carbono lo produce el ser humano como consecuencia de sus actividades

donde se consumen combustibles como la gasolina, gas doméstico, diesel, el carbón mineral y la leña, además de las quemazones de basuras y rastros de la agricultura.

La concentración de bióxido de carbono en la atmósfera está aumentando inexorablemente. Se calcula que en 1850, la concentración de este gas era de 250 partes por millón (ppm). En el año 2004 se calculó que llegaba a 376 ppm. Esta concentración sigue aumentando, pues en el 2009 alcanzó las 390 ppm. Este aumento de la concentración es resultado de que la humanidad entera lanza a la atmósfera 22 mil millones de toneladas de CO_2 , equivalentes a seis mil millones de toneladas de carbón puro, cada año.

Además del CO_2 , existen otros gases invernadero, entre ellos se cuenta a los CFC's que son los mismos que ya se mencionaron en la destrucción de la capa de ozono, al metano (gas natural CH_4), al ozono troposférico y a los óxidos de nitrógeno (NO_x).

El metano está presente en la atmósfera en una proporción de la quinta parte de CO_2 , sin embargo, es cerca de 30 veces más eficiente para capturar calor radiante. Es un gas de ocurrencia natural que ha estado presente en la superficie terrestre desde su formación. El metano es producido por varias fuentes, entre las que se pueden mencionar a las bacterias metanógenas. Se produce metano en las minas. Las termitas también producen metano y muchos animales, como los rumiantes lo producen en el tracto digestivo. Entre más vacas se reproduzcan y se engorden en el mundo, más metano se producirá cuyo destino es la atmósfera.

Comparativamente, los gases de óxidos nitrosos son los que existen en menor proporción, sin embargo, no son despreciables pues son los que producen la lluvia ácida. Los óxidos de nitrógeno son formados en la descomposición de fertilizantes químicos, cuando se quema el carbón mineral y al quemar cualquier combustible.

En general, se puede concluir que los científicos que han estudiado este problema no tienen duda de que el calentamiento global es real y que cambiará la distribución de los recursos en la Tierra. No hay duda, además, de que la concentración de los gases invernadero está incrementándose dramáticamente a causa de las actividades del hombre. Estos gases invernadero atrapan el calor que puede incrementar la temperatura de la superficie terrestre. También se reconoce que cuando la Tierra se calienta, el calentamiento es desigualmente distribuido, pues en las altas latitudes se calienta más que en las bajas latitudes y, el cambio menor se da en el ecuador. Si el aumento de la

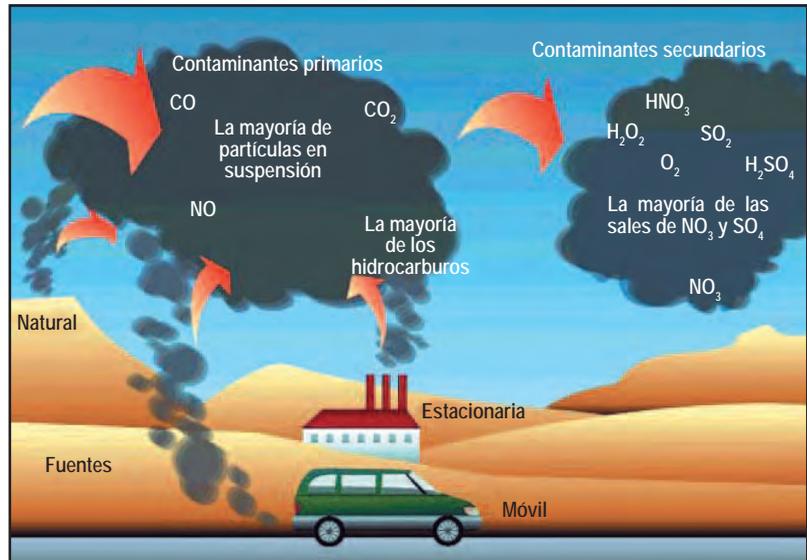


Figura 4.4 Gases de invernadero emitidos de fuentes móviles y fijas.

temperatura es suficientemente grande, el nivel del mar seguramente se elevará debido a la expansión térmica de los océanos y probablemente por el deshielo de los casquetes polares. Se predice que el nivel del mar aumentará cuando menos unos 48 centímetros para el año 2100, lo cual tendría efectos desastrosos en los asentamientos humanos por inundaciones y en muchos ecosistemas.

Consecuencias del calentamiento global

Al tiempo de que la Tierra se caliente, los patrones climáticos pueden alterarse y en algunos lugares estas condiciones climáticas pueden convertirse en violentas. Las corrientes de aire frío pueden desplazarse de tal manera que, regiones que han sido tibias pueden experimentar olas de fríos y tormentas invernales. Las masas de aire frío son desplazadas desde el ártico.

La circulación atmosférica en corto tiempo es lo que llamamos el estado del tiempo, y el clima es causado, a largo plazo, por el calentamiento diferencial de las masas de aire de la superficie de la Tierra. Al ser retenido mayor cantidad de calor, más aire se moverá a través de la superficie de la Tierra, produciendo vientos, choques de calor y frentes fríos y generalmente más violentas las condiciones del tiempo. Los huracanes, tornados y otras tormentas peligrosas pueden incrementar su intensidad. No sólo cambiarían los patrones de circulación atmosférica, sino las corrientes del océano se modificarán.

Efectos sobre la biodiversidad

Otro efecto resultante del aumento de los gases invernadero es que las zonas climáticas de la superficie terrestre tenderán a desplazarse desde el ecuador hacia los polos. Los primeros afectados serían los bosques templados, pues no estarían adaptados para los repentinos y nuevos climas cálidos.



Figura 4.5 Arrecife de coral.

La biodiversidad mundial está amenazada por la actividad humana y, ahora, además, se suman los efectos del calentamiento de la Tierra. Muchas especies de plantas y animales viven dentro de un reducido margen de temperatura y humedad. Como el calentamiento global modifica sus hábitats, es difícil esperar un proceso de adaptación inmediato o, en su defecto una migración suficientemente rápida de especies. En caso contrario, muchas especies de plantas, animales y hongos no resistirán.

Los ecosistemas costeros como los manglares, arrecifes de coral, playas, estuarios, y otros, se afectarían significativamente, ya que un alza en el nivel del mar inundaría las áreas de humedales costeros, causaría un aumento en la erosión costera y salinizaría las aguas en la parte baja de los ríos y en los acuíferos costeros. Las edificaciones muy cercanas a la costa podrían verse afectadas por la acción del oleaje, que podría socavar sus cimientos. Los arrecifes de coral, cuya función es la de proteger a los manglares y playas del oleaje y la erosión costera, quedarían a mayor profundidad bajo el mar. También se afectaría la entrada de luz solar hasta el fondo del arrecife, afectando así los procesos de fotosíntesis de especies esenciales para la vida del coral, así como su capacidad para detener el oleaje y evitar que impacte la costa.

En los ecosistemas terrestres, debido a la evaporación de agua de la superficie del terreno y al aumento en la magnitud y frecuencia de lluvias e inundaciones, los suelos se tornarían más secos y perderán nutrientes con mayor facilidad al ser removidos por los escurrimientos. Esto cambiaría las características del suelo, haciendo necesario que los agricultores se ajusten a las nuevas condiciones. La necesidad de recurrir a la irrigación será esencial durante las épocas de sequía, que debido a la evaporación serán más comunes que en el presente. Las temperaturas más elevadas también propiciarán la reproducción de algunos insectos como la mosca blanca que causa enfermedades de plantas y afectan su producción.

Como consecuencia debido a los cambios climáticos y a los cambios en los ecosistemas terrestres, la vegetación característica de cada región se verá afectada. Los bosques de pinos se desplazarán hacia latitudes más altas, la vegetación tropical se extenderá sobre una franja más ancha de la superficie terrestre, y la flora típica de la tundra y la taiga ocuparán un área más reducida. Como consecuencia, al alterarse la vegetación característica de muchas reservas naturales, así designadas para proteger el hábitat de especies amenazadas, estas reservas podrían dejar de ser el hábitat ideal para las mismas, ocasionando su extinción. De igual manera, al ocurrir el proceso de desertificación en algunas áreas también se destruirá el hábitat de muchas especies, causando su extinción. En cuanto a los hábitats acuáticos, al aumentar la temperatura de los cuerpos de agua superficiales la concentración de oxígeno disuelto presente en los mismos se reducirá. Esto hará que algunas de las especies acuáticas no puedan sobrevivir bajo estas condiciones, causando su eliminación en dichos cuerpos de agua. De afectarse los estuarios y manglares por el exceso de salinización y el oleaje, muchas especies de animales que inician su vida allí tampoco subsistirán.

México ante el cambio climático

Todos las personas participamos en el aumento de los gases de invernadero, pero lo que también es cierto es que no todos lo hacemos en la misma magnitud, ni a nivel individual, ni a nivel nacional.

En los Estados Unidos es en donde, proporcionalmente más se produce CO₂. En ese país se produce aproximadamente el 22% de las emisiones totales de CO₂, cuando tiene solamente el 5% de la población mundial. En términos numéricos, según datos de

las Naciones Unidas, en el año 2004, los países que contribuyen con una mayor cantidad de emisiones anuales de CO₂ producto de las actividades humanas son: los Estados Unidos que producen el 22.2%; China con el 18.4%, toda la Unión Europea con el 11.4%, Rusia, India y Japon, con el 5% aproximadamente cada uno, y México ocupa el onceavo lugar con el 1.6% de las emisiones totales de CO₂.

¿A nivel individual, podemos hacer algo para reducir la emisión de gases de invernadero y las consecuencias del calentamiento global?

Todos podemos hacer algo para reducir la emisión de gases de invernadero y las consecuencias del calentamiento global. Entre otras cosas muy generales, debemos:

- Reducir el consumo de energía eléctrica, utilizando entre otros los focos fluorescentes.



- Uso racional del agua.



- Hacer mayor uso de la energía solar.



- Sembrar árboles alrededor de la casa para reducir el uso de acondicionadores de aire.



- Reciclar envases de aluminio, plástico y vidrio, así como el cartón y el papel.



- Comprar productos sin empaque o con empaque reciclado o reciclable y utilizar papel reciclado.



- Caminar, andar en bicicleta, usar el transporte público para reducir el uso del automóvil.



- Crear conciencia en otros sobre la importancia de tomar acciones dirigidas a reducir el impacto del calentamiento global.



Actividades

1. Para reflexionar

¿Cuáles son los principales gases de invernadero?

¿Qué efectos puede tener el calentamiento global sobre los seres vivos?

¿Qué zonas del mundo se verían más afectadas por un aumento de los niveles de los océanos como producto del efecto invernadero? Comenta cuales serían las consecuencias de esto.

2. Elabora una lista de acciones concretas que puedas llevar a cabo para disminuir tu aportación de gases de invernadero.
3. Investiga qué otras fuentes producen tales gases de invernadero, además de las mencionadas en el libro de texto.
4. ¿Qué efectos tiene sobre los seres vivos el adelgazamiento de la capa de ozono?



UNIDAD 5

PROBLEMAS AMBIENTALES NACIONALES

Introducción

En el último siglo, la población del país se ha sextuplicado, la esperanza de vida ha aumentado considerablemente, y el nivel de vida y la industrialización han progresado generalmente teniendo como polo de desarrollo a las ciudades. Se han colonizado todas las regiones del país y se ha multiplicado el uso de todos los recursos naturales.

Los grados de alteración de las comunidades naturales van desde la simple explotación de los recursos por necesidades básicas de subsistencia hasta la radical destrucción de los recursos y nuestras condiciones paisajísticas siguiendo los fines de especulación, lucro, ganancias desorbitadas, todo al amparo del poder político.

Genaro Correa Pérez, en su obra *Condiciones ambientales de México* señala que algunas de las principales causas del deterioro son:

- El nulo respeto a la naturaleza y al propio ser humano.
- Las actitudes explotadoras y utilitarias de los recursos.
- El endurecimiento de conductas antiambientales.
- Tendencias auto destructivas de los seres humanos.

Nosotros agregamos otro más: Desconocimiento del grado de deterioro de nuestros recursos y, en general, del medio ambiente cercano y lejano. Este último tiene que ver

con los esfuerzos que hacen muchos ciudadanos y sistemas escolares por promover la divulgación de los problemas ambientales como una forma de alertar a la población y reducir, en la medida de nuestras actividades, el deterioro del medio ambiente.

Las actitudes explotadoras y utilitarias en aras de un supuesto desarrollo que degrada las condiciones naturales de nuestro medio, que sólo favorece a intereses sectoriales y a grupos sociales y no a procesos normales y característicos de la interrelación entre los humanos y la naturaleza, son las que más estragos



Figura 5.1 Los seres humanos debemos de respetar a todos los demás seres vivos, con los cuales compartimos el planeta.

causan y llevan a un colapso ambiental. Esas acciones económicas no ofrecen realmente una calidad de vida mejor, sino un afán lucrativo.

El promedio de destrucción actual de los bosques, es superior a las 500 mil hectáreas anuales, y sin embargo, se declara que no existe culpabilidad porque la tala la desarrollan directamente millones de mexicanos marginados y necesitados de recursos para poder alimentar a sus familias.

Ciudades y fábricas hacen crecer, cada día que pasa, los desechos de aguas residuales que van a parar inexorablemente a los ríos, lagos, lagunas y mares. Es relativamente muy bajo el porcentaje de las aguas tratadas o recicladas. Problemas de economía o de lucro inciden en que se haga uso de tecnologías para depurar elementos tan esenciales como el agua.

El control de deterioro ambiental puede parecer complejo y distante. Difícil parece que se puedan modificar actitudes como las que prevalecen, consistentes en creer que la naturaleza, los recursos y el medio ambiente deben ser utilizados y controlados sin reparar en los perjuicios que se causen.

Los seres humanos no tenemos ningún derecho para destruir a la naturaleza. Parece ser qué serán políticas de orden educativo, entre otras acciones sociales e institucionales, las que pueden incidir en las colectividades en un cambio de conciencia con respecto a la armonía que debe de existir entre nuestras actividades cotidianas con los procesos naturales, es decir, lo que se requiere es cambiar la mentalidad del ser humano; inculcándole el auténtico respeto a la vida y al



Figura 5.2 Aguas residuales.

medio ambiente en la que se desarrolla su existencia y una grandísima diversidad de formas vivientes.

Entre los agentes más comunes que propician la degradación y la destrucción de los ecosistemas de nuestro país, tenemos, la alteración de la vegetación, el fuego y la tala de bosques o selvas, el pastoreo, la erosión, la alteración hidrológica de las cuencas, el deterioro de las lagunas costeras y la contaminación, entre otras.

Alteración de la vegetación

La vegetación natural tiene dos tipos de enemigos: los naturales y las actividades humanas.

Entre los agentes naturales se encuentra el fuego, las inundaciones, las erupciones volcánicas y los cambios climáticos; entre los causados por el ser humano se encuentran la tala de bosques, los desmontes con fines agrícolas, el pastoreo indiscriminado, el avance de las áreas urbanas, y la industria metalúrgica, entre otras industrias, además el aumento en el consumo de bienes materiales y servicios como el agua, electricidad, transporte, etc.

En cualquier lugar donde se encuentre población humana, en cualquier tipo de suelo sea con capacidad productiva o no, cerca de las corrientes de agua, en montañas, valles, costas, se presenta el fenómeno de la eliminación total o parcial de la vegetación.

La acción colonizadora del ser humano para explotar los recursos de la naturaleza o para abrir nuevas tierras al cultivo y a la extensión de la ganadería, han propiciado grandes cambios en el paisaje original de las regiones.

Extensos bosques han sido totalmente destruidos y sin la alternativa de poderse recuperar. El desplazamiento o la eliminación definitiva de la flora y fauna no se han hecho esperar. Degradación y destrucción son la consecuencia final de los procesos que el ser humano ha desarrollado.

El nivel de perturbación de las zonas templadas casi alcanza los 82 millones de hectáreas.

Las condiciones ecológicas de las zonas secas de México tienen un nivel de destrucción que se advierte por las grandes áreas del suelo desnudo y extensas superficies donde difícilmente pueden desarrollarse los árboles y que ocupan 52.3 millones de hectáreas.

En las zonas tropicales es manifiesto un aprovechamiento sin control, de la vegetación y del suelo que ha conducido a la casi total desaparición de las selvas; de manera que los suelos de ésta zona, al carecer de cubierta vegetal, son fácilmente erosionables (Uxpanapa en Veracruz y Chontalpa en Tabasco). El nivel de perturbación supera los 9.5 millones de hectáreas.

A nivel nacional se señala que no existen árboles en 71 millones de hectáreas y que es muy difícil una regeneración o poblamiento natural de las especies originales.

La explotación no renovable de los bosques ha determinado una degradación creciente de los ecosistemas, aún antes de que la vegetación sea removida. El corte excesivo de las ramas de los árboles reduce su crecimiento, y al facilitar la extracción de los mismos ha impedido la capacidad de regeneración del bosque, ya que en promedio y por cada 70 000 árboles plantados, sólo 7 000 subsisten. Así mismo, la remoción de la cubierta vegetal incide en la desertificación, donde aquella se traduce en una tala excesiva.

En abril de 2000, se señaló que los últimos años se desforestaban anualmente 600 mil hectáreas, y que con relación a lo existente en el año de 1900, un siglo antes, se han perdido el 95% de las selvas y el 50% de los bosques templados. En 1998 se reforestaron 200 mil hectáreas y en 1999, sólo 160 mil hectáreas. Si se toma en cuenta los árboles que se pierden y que no prosperan, los resultados de esta reforestación son incipientes sobre todo si se compara con la desforestación de que son objeto los bosques del país. Después de Zaire, Brasil, Colombia e Indonesia, México es el país con mayor tasa de desforestación anual.

El desarrollo de áreas sin cubierta vegetal ha mermado grandemente el número de especies animales, y a no pocas, las ha puesto en peligro de extinción.

La sustitución de bosques tropicales o selvas por áreas de cultivos para uso industrial ha resultado negativa para los ecosistemas por la aparición de plagas, especies invasoras, pérdidas de biodiversidad, alteración de los hábitats y deterioro de los suelos, entre otras.

Fuego

El fuego generalmente se provoca por causas naturales (tormentas eléctricas, erupciones volcánicas, meteoritos) y por los seres humanos. Ocurre con regularidad en donde se presenta una clara alternancia entre la estación seca y húmeda, un crecimiento de plantas que gene-



Figura 5.3 Incendio en un bosque.

ran un importante material orgánico combustible y una cubierta vegetal continua que permite que el fuego se propague causando grandes incendios. En México, los incendios se presentan en casi todas las extensiones del país durante la época de secas.

De manera ancestral el fuego se utiliza en el campo para limpiar los terrenos recién desmontados y utilizarlos para el cultivo, eliminar los residuos agrícolas, las malezas, las plagas y los animales nocivos, quemar los pastos para favorecer el crecimiento de nuevas plantas que sirvan de alimento al ganado y para acorralar a los animales de caza o hacerlos salir de sus guaridas.

Los bosques de coníferas y mixtos de las principales sierras del país, que casi cubren el 15% de su extensión, no dejan de sufrir año con año los efectos del fuego al quemarse la hojarasca (fuego rasante), los árboles y hasta la misma materia orgánica, que desaparece en su totalidad. Los bosques que son objeto de resinación (obtención de resinas) son más susceptibles de quemarse. Los bosques incendiados generalmente quedan empobrecidos en el número de sus especies y son víctima fácil de la diseminación de plagas, pastoreo y ocoteo. El ocoteo es la obtención de pequeños pedazos de madera rica en resinas utilizada para encender fogones o fogatas. Esta práctica se realiza socavando el tronco de árboles grandes los cuales mueren ya que son más susceptibles a plagas y enfermedades.

No dejan de existir entidades en las que el fuego rasante consume entre el 20 y 40% de la superficie arbolada en la época de secas.

En las tres entidades silvícolas (aprovechamiento de madera, leña y mantenimiento de pastos) más importantes del país, como son Chihuahua, Durango y Michoacán, la mayor parte de los fuegos fueron originados en 1999 por fogatas prendidas en el campo, colillas de cigarros y cerillos encendidos, incendio de pastos (roza-quema), pirómanos y tormentas eléctricas.

Los incendios provocan la destrucción del hábitat de animales silvestres, la rápida mineralización del suelo y el aumento de la erosión.

Tala de bosques

México, a través de su historia, no ha dejado de sufrir la disminución de sus bosques y selvas. El investigador mexicano Génao Correa Pérez, calcula que a la llegada de los españoles, la superficie total arbolada se estimaba en 56%; en 1974 se evaluaba en 23%, para 1984 en 21% y para 1994 en 18%. Diversas estimaciones indican que para 1999 se ha perdido entre el 2.7 al 3.0% más de la superficie arbolada.



Figura 5.4 Tala de un bosque de pino.

Por el cambio del uso de suelo forestal a agrícola, se calcula que se pierden al año alrededor de 200 mil hectáreas y que la tala clandestina de árboles para extraer leña y carbón suman alrededor de 15 millones de metros cúbicos de madera al año, que fueron consumidos por casi 21.5 millones de mexicanos que aún utilizan como combustible la leña y el carbón.

En este proceso de extracción clandestina no se escapan las áreas decretadas como reservas ya que, por ejemplo, en el cerro del Campanario, situado entre el municipio de Ocampo, Michoacán y el estado de México, y donde llegan año con año las mariposas Monarca, se extraen leña, carbón, madera y pedacería.



Figura 5.5 Millones de mariposas monarca tapizan el bosque de Michoacán cada invierno.

Los **bosques de niebla** casi han desaparecido en varias entidades, los encinares que llegaron a cubrir el 6% del territorio nacional se encuentran con frecuencia asociados a los pinos, que a la vez son de las coníferas más taladas en México.

Las **maderas preciosas** proceden de explotaciones desmedidas y no de un aprovechamiento racional y fueron los estados de Quintana Roo, Campeche y Chiapas los principales productores. Las maderas tropicales corrientes procedían de los estados

de Veracruz, San Luis Potosí y Tamaulipas.

Las **selvas húmedas** casi desaparecen en Veracruz y Tabasco, y en las demás entidades de clima tropical presentan una reducción considerable.

Impacto en la biomasa energética

Una amplia utilización con fines energéticos y para satisfacer necesidades tanto en el medio rural como urbano con bajos recursos de energía vinculada con el cocimiento de alimentos, calentamiento de agua y calefacción, ha propiciado tal impacto ambiental que ya desde los años sesenta se ha advertido de manera creciente. Su utilización intensiva es causa de impacto nocivo sobre los bosques, cuya explotación se manifiesta por la creciente deforestación.

Durante los últimos 20 años, el consumo de leña en México, de hecho, ha permanecido constante, ya que en 1999 fue de 18.2 millones de toneladas y en 1975 de 16.1 millones de toneladas.

La transformación de la biomasa en energéticos como el carbón vegetal no ha dejado de manifestarse en numerosos medios rurales de las tierras boscosas apartadas correspondientes a las entidades montañosas, particularmente del sur de México.



Figura 5.6 *Leñador con su cargamento de leña.*

Pastoreo



Figura 5.7 *Tala y quema de un bosque.*

Se sabe que el pastoreo en nuestro país surge a partir de la Conquista, con la introducción del ganado **vacuno, bovino, caprino y caballar**, y que hasta entonces se convierte en un agente creciente de deterioro ambiental. Conforme crecieron los hatos ganaderos fue necesario extender el desarrollo de praderas y pastizales en áreas con vegetación arbórea.

Para la SARH o SAGARPA, el territorio se divide en tres zonas ecológico ganaderas: una seca con superficie de 95 millones de hectáreas, otra

templada con superficie de 46 millones de hectáreas, y una más tropical con 56 millones de hectáreas. En tal superficie se incluyen las praderas ganaderas las cuales prevalecerían siempre y cuando los ganaderos procuren, además de la protección de recursos ganaderos, cuidar la biodiversidad, es decir, se preserven las siembras de los pastos o de las leguminosas, los potreros y praderas, y se logre el desarrollo y establecimiento de las plantas, antes de permitir que el ganado inicie su aprovechamiento.



Figura 5.8 Pastoreo.

La realidad es que los efectos del pastoreo sobre la vegetación y el suelo no han cesado. Así tenemos que en los bosques afecta grandemente la regeneración de los árboles, ya que elimina más del 85% de sus plántulas y endurece grandemente el suelo, dificultando la oxigenación de las raíces y el establecimiento natural de la vegetación. Cabe señalar que las ovejas y las cabras son las especies que más dañan a los bosques.

En los matorrales desérticos, son las cabras quienes producen los daños más graves, pues son capaces de devorar las plantas provistas de las más agudas espinas.

En los trópicos, donde los rebaños generalmente son de reses, las áreas sufren relativamente menos perjuicios.

En las áreas bajas y tropicales del país, se han extendido grandemente los espacios de pastos artificiales formados por especies procedentes de otras regiones e incluso de África. Esto ha hecho que desaparezcan las especies nativas y que en su lugar se produzcan otras, entre las que se encuentran las oportunistas y las introducidas.

Grandes áreas acuáticas del sureste del país han sido drenadas y desecadas para convertirlas en pastizales, y se han introducido en ellas pastos resistentes a las inundaciones, sustituyendo con ello a la flora natural.

Se puede decir que no existe región en México que no esté afectada en mayor o menor grado por los efectos del sobrepastoreo.

En las áreas altas o montañosas y templadas o frías, el ganado se alimenta generalmente de pastos nativos, que no dejan de ser modificados por la acción del pastoreo.

Erosión

La **erosión del suelo** se origina cuando agentes como el agua o el viento transportan de un lugar a otro los materiales de que está formado. El acarreo de materiales del suelo ha creado los numerosos valles, mesetas y llanuras, o constituyendo barrancas y cañones.

Desaparecida la vegetación de los relieves, el proceso de erosión se acentúa. La vegetación actúa como retenedora del suelo e impide la velocidad de acarreo; regulan-

do de esta manera el proceso erosivo. Los terrenos inclinados de las áreas montañosas de México son más susceptibles a la erosión que las planas.

Entre los efectos que desarrolla la erosión se encuentran: el adelgazamiento del suelo y su constante pérdida de fertilidad, la formación de grietas que ante los escurrimientos del agua se van transformando en barrancos; al desaparecer la vegetación se impide que se infiltre el agua hasta las capas profundas, escurriendo por la superficie y acentuando la erosión; la desaparición de mantos freáticos al impedirse la infiltración del agua y formación de tolvánicas durante la época de secas, entre otros.

Al sustituirse bosques y selvas por praderas y áreas de cultivos, el agricultor ha tenido que echar mano de los abonos y fertilizantes para suplir a la materia orgánica. Numerosos problemas sociales se han suscitado como consecuencia de la pérdida de suelos que ya no pueden producir alimentos. La formación de un suelo lleva incontable tiempo.

El suelo es el capital más valioso de que dispone el ser humano para satisfacer sus numerosas necesidades. Todos los seres vivos dependen de esa inapreciable capa delgada que conocemos como suelo. El suelo no es un recurso inagotable, sino un medio complejo y vulnerable que se destruye cuando el agua y el viento lo arrasan, y que no está exento al desgaste natural y artificial. La energía solar y la atmósfera pueden hacer que se rehaga, pero muy lentamente; sin embargo, la humanidad lo puede destruir hasta en unas horas.

Desertificación

La desertificación se definió como la degradación de la vegetación y de los suelos, como consecuencia de la tala, quema y cosecha indiscriminada.

La ONU la define como “la intensificación o extensión de condiciones desérticas, que lleva productividad biológica reducida y consecuentemente a una disminución de la biomasa vegetal, de capacidad de vida de la tierra, de los rendimientos de las cosechas y del bienestar humano”.

Si la erosión es la enfermedad de la tierra, la desertificación es su muerte. Realmente constituye una manifestación del deterioro general de los ecosistemas y que se advierte por la disminución o desaparición del potencial biológico. Son las actividades humanas



Figura 5.9 Erosión del suelo por acción del agua.

las que lo originan y aceleran. No se debe confundir con la desertización, que constituye un proceso natural que se debe a fenómenos climáticos, que en lapsos grandes de tiempo, acrecientan la extensión de los desiertos.

En nuestro país la desertificación no sólo se presenta en las áreas secas, sino también en las templadas y tropicales y en cualquiera de sus ecosistemas donde se manifieste el deterioro ambiental, aunque el fenómeno es más evidente en las partes secas y subhúmedas que rodean a los desiertos.

Entre los factores de la desertificación se tienen: la aceleración de la erosión, la reducción del espesor del suelo, la reducción de la fertilidad del suelo, la destrucción o reducción de la vegetación y de los animales (que se pueden tomar como causa y efecto), la salinización y la solidificación del suelo.

Se dan como causas producidas por la actividad del ser humano las siguientes:

- Inadecuadas prácticas agrícolas.
- Sobrepastoreo.
- Conflictos territoriales y de tenencia.
- Crecimiento demográfico.
- Migración, y otras.

La desertificación no es un proceso que no pueda corregirse. Es un proceso determinado por un desarrollo mal enfocado.

Entre tantas soluciones está la de planificar correctamente el uso de la tierra, es decir, controlar el aprovechamiento de los suelos, estabilizando una cubierta continua y permanente y para ello se requiere regular las actividades agrícolas y ganaderas.

Es evidente que sin una racional utilización de los bosques, de las tierras y sus recursos será menos que imposible detener la desertificación.



Figura 5.10 Representación del proceso de desertificación.

Alteración hidrológica

La deforestación y la erosión, son los agentes principales que más efecto tienen sobre el régimen de las corrientes de agua de las cuencas hidrográficas. En todas las regiones lluviosas, tanto la deforestación como la erosión de las cuencas fluviales, causan el aumento de la fuerza de los arroyos, la desaparición o disminución de manantiales, incremento de la frecuencia y magnitud de las

inundaciones en época de lluvias y la destrucción de la vegetación y animales acuáticos.

Son numerosas las cuencas en México que ya cuentan con alteraciones graves. Entre ellas destacan las de los ríos Lerma-Santiago, que es la más importante del país, pues a ella se vincula el mayor número de pobladores del país.



Figura 5.12 *Lirios acuáticos.*



Figura 5.11 *Vista del lago de Chapala.*

Cuencas lacustres como las de Cuitzeo, Pátzcuaro y Chapala deben su deterioro a la enorme deforestación de que ha sido objeto, lo que ha determinado que sean afectados por el gran acarreo de sedimentos que ocasiona la erosión por la lluvia y de corrientes, situación que ha disminuido en mucho su profundidad, desarrollándose la proliferación de malezas acuáticas nocivas como la de lirios.

Las presas hidroeléctricas del río Grijalva, Chicoasén, Malpaso, Raudales y La Angostura han reducido los aportes de materia orgánica y nutrientes que antes se agregaban de manera natural a las tierras de cultivo. Numerosas especies de aves acuáticas, mamíferos y anfibios ahora disponen de un hábitat menor y han reducido sus posibilidades por lo que están en peligro.



Figura 5.13 *Un manglar.*

Los manglares, que son los vegetales más importantes de las lagunas, se adaptan magníficamente a suelos permanentemente fangosos y salinos. Gracias a estas comunidades se cuenta con una rica fauna de animales acuáticos y anfibios que a la vez sirven de alimento a diversas especies de mamíferos y aves.

Las lagunas no dejan de recibir grandes cantidades de sedimentos y materia orgánica procedente de comunidades vecinas; así moluscos, crustáceos y peces mantienen su vital existencia y constituyen un recurso de gran importancia económica.

Los manglares y los esteros constituyen un gran depósito de alimentos para los peces, son sitios de anidación, protectores de la línea litoral, depuradores de la contaminación y controladores de las aguas de inundación. Su destrucción causa graves efectos, ya que son fuente importante de materia orgánica, ocasionándose con ella el empobrecimiento de la biosfera.

La presión demográfica y las actividades económicas están contribuyendo a la alteración de las lagunas litorales. La construcción de carreteras, oleoductos y otras obras, generalmente interrumpen la comunicación de estos cuerpos de agua con el mar, afectando seriamente el ciclo biológico.

Contaminación del agua

En el Golfo de México se encuentra casi el 50% de los pozos petroleros marinos que se han perforado en el mundo, y alrededor de dicho seno marítimo se producen y procesan gran parte de las extracciones petroleras de México y Estados Unidos; es por ello que los efectos de estas actividades sobre

Litorales

México tiene cerca de 13 mil kilómetros cuadrados de lagunas costeras, que conforman una extensa superficie de gran valor geográfico-ecológico y económico. En estas lagunas concurren aguas tanto marinas como continentales, por lo que las especies que las habitan como el paisaje que conforman, participan de ambas influencias, lagunas, estuarios, ríos, pantanos y marismas, mantienen importantes comunidades naturales.



Figura 5.14 *Ave cubierta de petróleo a causa de un derrame de éste en el mar.*

los diversos organismos vivos en los litorales costeros y sus hábitats tienen una trascendencia negativa por el perjuicio que causan. Los derrames de petróleo son dañinos para las aves acuáticas, particularmente cuando impregnan sus plumas, lo que reduce su capacidad de vuelo y su poder aislante, causando así la muerte de numerosas aves costeras.

La contaminación de las aguas oceánicas debido a los hidrocarburos tiene actualmente una importancia geoecológica bastante grave, ya que la extracción, manejo y tráfico de petróleo, próximo a los litorales y puertos más importantes del país es muy alto.

La presencia de hidrocarburos disueltos y dispersos tiene valores elevados en lagunas costeras como las de Veracruz, Tabasco, Campeche y Tamaulipas.

Vázquez y Orozco, aseguran que los contaminantes más peligrosos que afectan a la flora y fauna, son los que se degradan lentamente y se acumulan en el medio; no son menos los que pueden ser excretados por la fauna y que se acumulan de manera creciente en los tejidos, porque los animales los consumen continuamente de plantas contaminadas. Contaminantes de esta naturaleza son el mercurio, Níquel, Cromo, Cadmio, plomo y los insecticidas como el DDT.

En México, crece cada día que pasa el número de metros cúbicos de aguas biológicamente muertas y son ya numerosas las cuencas que alcanzan el límite de saturación y de desequilibrio. Se ha olvidado que el agua es el soporte de la vida y que está ligada a casi todas las actividades de la humanidad.



Figura 5.15 Derrame de un pozo petrolero.



Figura 5.16 Aves de rapiña, como este grupo de buitres.

Los animales herbívoros, al alimentarse continuamente de plantas contaminadas concentran dichas sustancias en sus tejidos; los animales carroñeros que comen tanto herbívoros como carnívoros las concentran aún en más alto grado. Concretamente, a ello se debe la gran disminución de aves de rapiña y carroñeras en México.

En el suelo, bacterias y hongos, entre otros, son los agentes de la descomposición que se encargan de reducir los desperdicios vegetales y animales. Su papel es indispensable ya que reciclan los nutrientes al descomponer el cuerpo y los desechos de otros organismos.

Muchos años después de que en el suelo ha llegado el DDT aún queda más de la mitad de este pesticida. El suelo tratado con el insecticida llamado lindano sigue siendo tóxico, aún tres años después. El hexacloruro de benceno queda por lo menos once años. Si repentinamente se aplican dosis pequeñas terminan provocando fuertes concentraciones tóxicas en la tierra. Sin duda alguna, también estos insecticidas contaminan a los vegetales comestibles.

Los herbicidas que se han destinado para combatir malezas y plantas indeseables no han dejado de dañar a los animales y los privan de los vegetales que constituyen su alimento principal.

Los fertilizantes que se usan en los campos de cultivo, son levantados por la lluvia y arrastrados hacia los ríos y lagos, afectando de una manera importante a la flora y fauna acuáticas.

El aumento de elementos como el fósforo y nitrógeno determina la proliferación de algas y cianobacterias, así como el lirio acuático y la lentejilla de agua; asimismo, la proliferación de algas determina un incremento de la materia orgánica en suspensión, lo que origina una mayor extensión de microorganismos y notable reducción del oxígeno disponible. El lirio y la lentejilla acuática, por su parte, determinan una reducción de la luz en el agua, que a la vez ocasiona la destrucción de la flora y el fitoplancton, así como cambios de la temperatura y de la oxigenación del agua.

La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), señala que las actividades agrícolas al emitir anhídrido carbónico, metano, óxido nitroso, óxido nítrico y monóxido de carbono, contribuyen con más del 14% de las emisiones que influyen en el efecto invernadero. Esto naturalmente incluye a las principales y más extensas áreas agrícolas de México.

La conservación

En México, la preocupación por la conservación de la naturaleza y sus recursos tiene antecedentes muy importantes desde la década de los años sesenta, y actualmente es un fenómeno que preocupa crecientemente a la sociedad mexicana; sin embargo, hasta que se logre la participación y colaboración de la mayor parte de ella, no es fácil asegurar que el deterioro ambiental pueda detenerse.

Entre las principales acciones conservacionistas se encuentran:

1. La creación y cuidado de áreas protegidas.
2. El aprovechamiento conservacionista de los recursos naturales.
3. El establecimiento de bancos de germoplasma.
4. La expedición de leyes para la protección de la naturaleza.
5. La práctica de acciones educativas para salvaguardar la naturaleza.



Figura 5.17 Mapa de México donde se señalan las reservas de la biosfera y parques nacionales.

Áreas protegidas

Desde la época prehispánica, pueblos como los mexicas se preocuparon por la protección de la naturaleza. El “rey poeta” Natzahualcóyotl, señor de Texcoco, mandó plantar ahuehuetes, y algunos subsisten en lo que ahora es el parque nacional “El Contador”. Moctezuma Xocoyotxin, señor de Tenochtitlán, promovió el desarrollo de áreas protectoras para la flora y la fauna y particularmente la instalación de parques zoológicos y jardines botánicos.

A partir de la época colonial y aún en el presente no ha cesado la destrucción de extensas zonas boscosas; las prácticas destructivas permanecen en nuestros días y aún se acrecientan en las últimas décadas determinando una acelerada tendencia hacia la desertificación.

México fue uno de los pioneros en el establecimiento de parques nacionales. Al término de la Guerra de Reforma, en 1876, Don Sebastián Lerdo de Tejada dispone la protección oficial del bosque del Desierto de los Leones, y lo declara “zona de reserva forestal”; a éste mismo bosque, Venustiano Carranza lo decreta parque nacional en 1917. Con ello se buscó también salvaguardar los manantiales que se tenían.

Durante el gobierno del general Lázaro Cárdenas, y por iniciativa del ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, se crearon 36 parques nacionales en 17 estados del país, su-

mando una superficie de 800 mil hectáreas. Actualmente se tienen establecidos 58 parques pero la mayoría de ellos lo son únicamente de nombre, algunos se encuentran en áreas urbanas y en otros se han extendido las actividades agrícolas, la explotación forestal y otras destructivas.

Además de los parques nacionales (para protección y conservación de áreas naturales y culturales, conservación de germoplasma, la diversidad biológica, regulación ambiental, protección de bellezas escénicas y ofrecimiento de servicios recreativos, educativos y de investigación, entre otros) existen monumentos naturales (para proteger la naturaleza o los ecosistemas, los rasgos escénicos sobresalientes, conservar los recursos genéticos, la diversidad biológica y la regulación ambiental, entre otras), las reservas ecológicas (que incluye zonas protectoras forestales, las reservas forestales y de refugio de la fauna, así como las reservas científicas), las reservas de la biosfera (para preservar la diversidad y equilibrio ecológico de las diversas especies dentro de los ecosistemas, la diversidad genética y construir centros de investigación) y otras.

El aprovechamiento de los recursos

Conocido es que los recursos naturales son esenciales para la supervivencia de la humanidad y para el logro de un desarrollo sostenible, pero se destruyen y se agotan de una manera cada vez más acelerada. Paulatinamente se reduce la capacidad regenerativa de los ecosistemas naturales y se provoca un deterioro ambiental que está a punto de ser incontrolable.

El modelo realista de conservar la naturaleza haciéndola producir sin destruirla, todavía es menos que punto muerto. Aunque conservación significa la utilización de los recursos acorde con su nivel de recuperación, para que se pueda tener su mantenimiento y permanencia, no se cumple siempre con el objetivo.



Figura 5.18 Actualmente las cactáceas es el grupo más amenazado de la flora nacional. Se estima que más del 35% de las especies mexicanas están en peligro de extinción, principalmente por la destrucción de su hábitat y el comercio ilegal.

Cabe señalar que no todas las comunidades naturales tienen la misma particularidad de permitir la explotación racional y que no son pocas las que sufren alteraciones graves aún bajo presiones de explotación moderada.

La conservación conlleva no sólo al conocimiento potencial de una comunidad natural, sino también que se pueda asegurar su mantenimiento y continuidad, para así determinar la explotación sin alterar su equilibrio.

En México, los bosques de coníferas y otras comunidades pueden ser explotadas de una manera racional, no sin que se corran riesgos de deterioro en la diversidad de especies, productividad de biomasa y ferti-



Figura 5.19 Algunas especies de gran demanda en el mercado nacional e internacional: orquídeas, guacamaya roja, mono aullador y venado cola blanca.

lidad del suelo. Recursos como las selvas tropicales ofrecen gran dificultad para explotarlos sin afectar la alta diversidad de especies con que cuenta.

Las comunidades de regiones áridas o secas que tienen plantas de lento crecimiento son fácilmente alteradas por el pastoreo. Cabe señalar que en México la vegetación de clima seco cuenta con grandes extensiones y la predominante es la de matorral, muy variada y rica en recursos. Vegetación de clima seco, entre las que están las cactáceas, otras de diversos climas no dejan de ser objeto de comercio clandestino y no son pocas las especies en peligro de extinción por dicha causa.



Figura 5.20 El jaguar es un felino de América que se le encuentra desde México hasta el norte de Argentina. En nuestro país habita en las selvas secas y húmedas a lo largo de la costa del Pacífico y el Golfo, desde Sonora y Tamaulipas hasta Chiapas y la península de Yucatán. Actualmente se encuentra en peligro de extinción debido a la caza excesiva y a la destrucción de su hábitat causada principalmente por la deforestación.

En México, las especies animales de áreas vulnerables a la destrucción y al deterioro cada vez son menos y no son pocas las que están en serio peligro de extinción.

Muchas son las causas que amenazan a la biodiversidad, entre ellas tenemos el tráfico ilegal de especies silvestres, la cacería, los programas de erradicación, la introducción de especies no nativas a los hábitat y la destrucción de éstos debida a diversas causas como la contaminación, la deforestación, el crecimiento urbano, el desarrollo turístico y los incendios. El tráfico ilegal de las especies silvestres es uno de los factores directos más graves que puede causar su extinción. Algunas de las especies víctimas de los biotraficantes son las cactáceas, las orquídeas, las guacamayas roja y verde, el mono araña, el tucán pecho amarillo, el halcón peregrino, el mono aullador, borrego cimarrón, venados y tarántulas, debido a que son altamente cotizadas en el mercado nacional e internacional. Por ejemplo, una guacamaya roja tiene un precio en el mercado nacional de aproximadamente 6 mil pesos y en el internacional, de 5 mil dólares; un borrego cimarrón de 400 mil pesos en el nacional y 50 mil dólares en el internacional. Los principales países compradores ilegales de la flora y fauna mexicanas son Estados Unidos, Japón y algunos países europeos como Alemania, Bélgica, Holanda, Italia y Austria.

Entre los listados que se han publicado y con relación a las aves y mamíferos, se menciona que son casi 156 especies las que se encuentran en peligro de extinción en México, aunque se considera que no todas ellas presentan el mismo peligro de desaparecer. Algunos mamíferos en peligro de extinción actualmente son: la vaquita marina, el jaguar, el berrendo y el oso negro. Entre las aves tenemos las guacamayas rojas y verdes y el águila real.

Entre las especies de animales que se han extinguido totalmente en México, encontramos la foca monje, el bisonte, el ciervo americano, la nutria marina, el oso gris y tres roedores la rata de campo de la isla Coronados, la rata arrocera de las islas Marías y el ratón de la isla San Pedro Nolasco. Estos tres roedores están extintos a nivel mundial ya que eran animales endémicos de nuestro país. Su extinción se debió a la introducción de nuevas especies a sus hábitats como gatos.

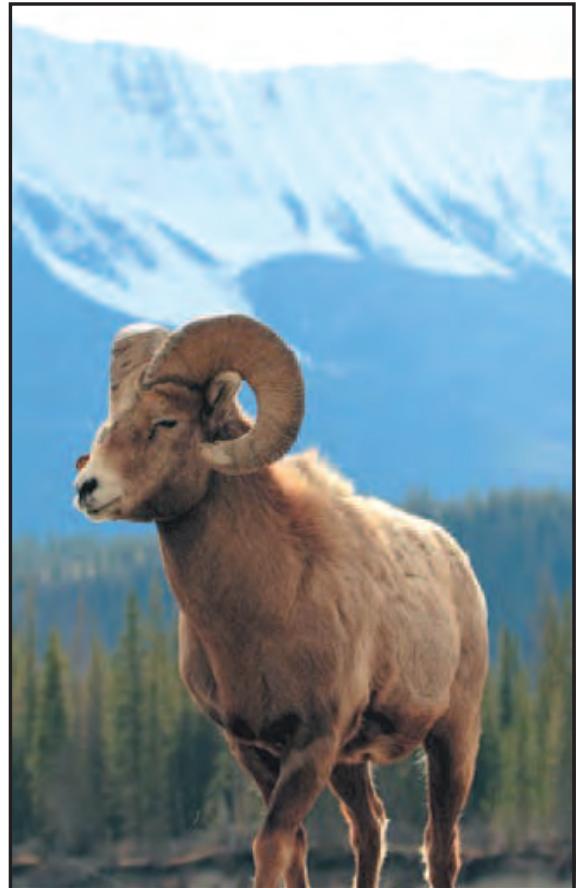


Figura 5.21 Debido a la caza furtiva y a la destrucción de su hábitat, el borrego cimarrón se encuentra actualmente en peligro de extinción. Quedan unos cuantos ejemplares en Sonora y en Baja California.



Figura 5.22 *Foca monje*. Habitó las playas de las islas y costas de la Península de Yucatán siendo la causa de su extinción su cacería y la modificación de su hábitat.



Figura 5.23 *Bisonte*. Fue el primer mamífero extinto en México, habitó los pastizales de Coahuila, norte de Sonora y Chihuahua, su extinción se debió a la cacería desmedida que se hizo de él.

Conservación de la biodiversidad

Las razones para conservar la diversidad biológica en México y todo el planeta son las siguientes:

- **Ética.** Cada especie es única y tiene el derecho a existir. Cada especie es digna de respeto, independientemente del beneficio que otorgue al ser humano.
- **Ecológica.** Las especies evolucionan para llenar nichos o hábitat particulares. Muchas especies dependen de otras para sobrevivir. La destrucción de una de las especies puede ocasionar más extinciones o cambios en los ecosistemas. Con cada especie que se extingue, la vida en el planeta se acerca más a su extinción.
- **Estética.** Cada especie y ecosistema añade riqueza y belleza a la vida sobre el planeta. No hay palabras que describan el placer que provoca el observar un paisaje, la belleza y colorido de las flores y de las aves, por ejemplo.



Figura 5.24 *El ciervo americano*. Vivió en los bosques y pastizales de las montañas del norte de Sonora y Chihuahua, fue exterminado por cazadores y colonizadores. El último fue muerto en 1907.

- **Económica (directa).** La naturaleza sostiene la economía de muchos países. El comercio de productos agrícolas contribuye con 3 trillones de dólares a la economía mundial, suma que se eleva considerablemente si se incluyen a las industrias forestal, pesquera, textil, farmacéutica y turística.



Figura 5.25 Nutria marina. Se le encontraba en las playas y bahías de islas y costas del pacífico frente a Baja California, su desaparición en México se debió a su cacería masiva para aprovechar su piel.

- En la industria farmacéutica, la cuarta parte de los fármacos usados en la medicina actual son de origen vegetal y hay más de 3 mil antibióticos derivados de microorganismos. Tan sólo el comercio de los 20 fármacos más vendidos asciende a los 6 billones de dólares por año.
- **Económica (indirecta).** Este argumento se sustenta en la potencialidad que puedan tener diversas especies de las cuales no conocemos todavía sus características y propiedades. Especies que podrían ser muy útiles para resolver problemas y necesidades del humano como la salud y la alimentación. Por ejemplo, el mercado de fármacos procede del uso de no más del 5% de las plantas hasta hoy conocidas.
- Otras razones son las **culturales** y las **recreativas**.

Los mexicanos, al realizar o participar de alguna manera en la serie de actividades destructivas del medio ambiente mencionadas a lo largo del libro estamos acabando con la biodiversidad nacional, pero lo que es aún más grave es que estos hechos ocurren en muchos más países, como por ejemplo Indonesia, otro de los países ricos en biodiversidad.

Los seres humanos no hemos comprendido que cada especie tiene derecho a existir, que son organismos que han evolucionado a través de millones de años y que cada uno de ellos desempeña diversas funciones en su ecosistema, lo que permite su equilibrio y, por lo tanto, el equilibrio ecológico de todo el planeta. Recordemos que las plantas son los organismos productores de oxígeno proceso primordial para la conservación de la vida.

Actividades

1. Busca información acerca de problemas que tengan que ver con la extinción de especies animales y/o vegetales.
 - ¿Qué especies se reportan en México?
 - ¿En qué estatus se reportan las especies en peligro?
 - ¿Dónde encontraste la ubicación?
2. Busca en la prensa escrita de tu preferencia las noticias del último mes que estén relacionadas con algún problema ambiental: basura, ruido, destrucción de áreas verdes, afectación de algunas especies animales, agotamiento de recursos como el agua, contaminación del aire. Elabora un informe mencionando las causas y soluciones a estos problemas.
3. Para reflexionar
 - Los derrames constantes de petróleo y gasolina en las costas del Golfo de México han afectado los manglares de la región. ¿Qué efectos causa esta contaminación en estos ecosistemas?
 - Redacta una lista de acciones concretas que podrían emprender tú y tu familia para aminorar el problema de la contaminación.
 - Averigua cuáles son las fuentes de agua cercanas de tu localidad y reflexiona acerca de si se hace un uso adecuado de este recurso natural.
 - ¿De qué manera los asentamientos humanos influyen en las condiciones del suelo?
 - ¿Cómo contribuyen las áreas naturales protegidas en la conservación de la biodiversidad?
4. Realiza una investigación sobre la fuente de una de las siguientes medicinas: atropina, curare, digitoxina, morfina, quinina y reserpina. ¿Cuál es la fuente de la droga? ¿Para qué es utilizada? ¿Cómo se descubrieron sus propiedades medicinales? Los resultados se pueden presentar en un reporte oral o escrito.
5. La reforestación es un buen recurso para mejorar el suelo. La actividad consiste en buscar un espacio, cerca de tu casa o escuela, en donde emprendan una pequeña campaña de reforestación para mejorar el lugar.



UNIDAD 6

LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE SINALOA

Introducción

El Estado de Sinaloa se ubica en el noroeste de México. Tiene una superficie de 58 mil 092 kilómetros cuadrados que representa el 2.9% de la superficie nacional; la superficie de las islas es de 608 kilómetros cuadrados, 17 mil 751 de plataforma continental o parte sumergida, 656 kilómetros de litoral y una longitud de 611 kilómetros. Sinaloa en su estructura hidráulica posee once ríos que surten de agua a sus once presas, mismas que conforman la infraestructura básica del sistema de riego en el estado, del que depende el desarrollo agrícola más tecnificado del país. El potencial agrícola del estado representa el 58.09% de la superficie.

La situación geográfica del Estado de Sinaloa le permite contar con una llanura costera que forma un plano suavemente inclinado hacia el suroeste, lo que determina el flujo de sus aguas en dirección hacia el Océano Pacífico. La figura del Estado parece la de un trapecio de cuyos lados el menor es el de la región del sur. Sobresale en su geografía dos grandes zonas: la primera, que comprende toda la costa y la región media del oeste. La segunda zona que comprende las planicies descendientes que forman las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, por tanto, la región del Este es bastante montañosa y, por el contrario, la zona del Oeste adyacente al mar es un espacio donde se dilatan, con algunos cerros, sus llanuras.

El sistema orográfico de Sinaloa consiste en un conjunto de unidades montañosas que se desprenden de la Sierra Madre Occidental, introduciéndose a la entidad por los municipios que colindan con los estados de Nayarit, Durango, Chihuahua y Sonora, originando diversas formaciones orográficas:

En la porción sur los desprendimientos del eje montañoso, que ascienden en los municipios de Escuinapa y Rosario reciben los nombres de Sierra de Topia, Tepehuajes y Tarahumara, en las que se aprecian formaciones de un considerable número de serranías que afloran desligadas en su formación topográfica creando los extensos valles y la planicie costera del Estado.



Figura 6.1 Extensión territorial del Estado de Sinaloa.

Por la frontera sureste penetra la Sierra de Bayona y San Francisco, formadas por los cerros de Rosario, Jalopete, Gama, León, Banca, Monte de los Achiotes y La Mesa de la Hormiga.

En los municipios de Concordia y Rosario se presentan grandes elevaciones, hondonadas, quebradas y cañadas por lo que esta región recibe el nombre de Sierra del Espinazo del Diablo, con una altitud de 3 000 metros sobre el nivel del mar (msnm), por ser la más elevada formación orográfica de la entidad. Algunas estribaciones de esta serranía llegan al municipio de Mazatlán donde reciben los nombres de Cerro del Vigía, Punta de Materén y Montesilla, que al entrar a San Ignacio se le conoce como Sierra de los Metates, dejando en Sinaloa algunos desprendimientos al desviarse hacia Durango, conocidos como Sierra de San Juan, De Los Frailes, Jocuixtita, El Candelero, Cacaxtla y La Silla. Otra parte de estas estribaciones se detectan en Elota, donde se forma la Sierra de Tacuichamona, misma que al entrar en Culiacán, es conocida como Sierra de San Lorenzo, o De Los Caballos, formándose también las Sierras de Mojolo o De la Chiva, mejor conocida como Sierra de Mirasoles, desprendimiento de la Sierra de Capirato, formando por separado los cerros de Los Molinos, Aguapepe y Colorado.

Una de las regiones más montañosas de la entidad se localiza en Badiraguato, en donde se aprecian las sierras de Surutato o de Parra Blanca, Baragua o Cuerno de Ciervo, Santiago de los Caballeros, Badiraguato, Potrero y Capirato, pasando esta última en la periferia del municipio de Mocorito, en donde forma los cerros de Caiquiea y Jey. El único accidente orográfico de Angostura es la sierra de Vinolitos; en el municipio de Sinaloa, las Sierras del Durazno, Bacubirito, Cuitaboca, Tescalama y San José de Gracia; en El Fuerte, Sanabari y los cerros de Camayeca y Santa Rosa y en el perímetro de Choix la Sierra de Bacaba.

En general, y tratando de clasificar el territorio sinaloense, considerando como criterio las pendientes del terreno. Así, y de acuerdo a la Enciclopedia de los municipios del Estado de Sinaloa y su medio físico, se reconocen, de manera amplia, la existencia de tres grandes zonas:

- **Zona montañosa.** Esta se localiza en la parte norte y sureste de la entidad, presentando un rango de pendientes mayor al 15% y ocupando aproximadamente el 40% del total de la superficie. Esta región es en términos generales inconveniente para el desarrollo de actividades agrícolas y urbanas.
- **Zona de pie de Monte.** Esta es una franja de terreno que corre de noroeste a sureste, a lo largo del territorio estatal, limitado al este por la zona montañosa y al oeste por la llanura costera. Esta zona presenta un rango de pendientes que fluctúa entre el 5 y el 14%, y ocupa, aproximadamente el 14% de la superficie total del territorio.
- **Zona de planicie costera o llanura.** Se localiza a lo largo de la parte occidental del territorio, disminuyendo su extensión de norte a sur, debido a la disposición de la zona montañosa. Las pendientes en esta región son menores al 5%, ocupando el 46% del total de la superficie del estado.

Al Estado de Sinaloa lo cruzan y drenan 11 corrientes hidrológicas entre las que sobresalen en el norte, los ríos Fuerte, Sinaloa y Evora o Mocorito; en el centro, los ríos Humaya, Tamazula, Culiacán, San Lorenzo y Elota; en el sur, los ríos Piaxtla, Baluarte y Cañas. Estos ríos y sus características más importantes se describen a continuación:

- **Río El Fuerte.** Nace en Chihuahua con el nombre de Río Verde, recibe aguas del Urique y Chínipas, y al entrar a Sinaloa se le unen el Choix, Alamos y el Arroyo de La Viuda. Tiene 670 km. de longitud y pasa por los municipios de Choix, El Fuerte y Ahome. Su cuenca hidráulica es de 40 000 km².
- **Río Sinaloa.** Nace en Chihuahua por la unión de las corrientes del Mohinora y Basoapa, recibiendo las aguas de otros arroyos en la entidad. Tras recorrer 380 kms. desemboca en la punta perihuate, pasando por los municipios de Sinaloa y Guasave. Su cuenca es de 13 500 km².
- **Río Mocorito.** Nace en Sinaloa, en la Sierra de los Parra; pasa por Mocorito, Salvador Alvarado y Angostura. Tiene una extensión de 108 km y desemboca frente a la isla Saliaca. Su cuenca hidráulica es de 600 km².
- **Río Culiacán.** Originado en la confluencia del Humaya y Tamazula, el Humaya nace en Durango y recoge las aguas de varios arroyos, entre ellos, el de Badiraguato. El Tamazula recoge aguas y nace en Durango y se une al Humaya al llegar a la ciudad de Culiacán, a la altura de la isla de Orabá. Desde su origen, estas aguas recorren 252 km y desemboca frente a la península de Lucenilla. Tiene una cuenca de 14 200 km².
- **Río San Lorenzo o Qui-lá.** Nace en el Estado de Durango, donde forma el río de los Remedios, entra a Sinaloa por Cosalá, pasa por el municipio de Culiacán y desemboca en la Boca del Navito, recorriendo 156 km. Su cuenca hidráulica es de 8 000 km².



Figura 6.2 Ríos de Sinaloa. 1) Río Fuerte, 2) Río Sinaloa, 3) Río Mocorito, 4) Río Culiacán, 5) Río San Lorenzo, 6) Río Elota, 7) Río Piaxtla, 8) Río Quilite, 9) Río Presidio, 10) Río Baluarte y 11) Río Las Cañas.

- **Río Elota.** Nace en Durango y luego de pasar por Cosalá y Elota desemboca en la bahía de Ceuta. Tiene una longitud de 120 km, una cuenca de 1 800 km² y es uno de los más caudalosos.
- **Río Piaxtla.** Nace en Durango, pasa por el municipio de San Ignacio y luego de recorrer 130 km entrega sus aguas en la Boca de Piaxtla. Tiene una cuenca de 6 200 km² y es uno de los más caudalosos.
- **Río Quelite.** Nace en el municipio de San Ignacio, Sinaloa, pasando por el municipio de Mazatlán, para desembocar en Punta Roja en el Golfo de California. Tiene una longitud de 100 km, convirtiéndose en el río más pequeño de la entidad.
- **Río Presidio.** Nace en Durango, pasa por la quebrada de Ventanas y en Sinaloa, atraviesa los municipios de Concordia y Mazatlán. Luego de recorrer 167 km, desemboca en la Boca de Barrón. Su cuenca es de 4 400 km².
- **Río Baluarte, Chametla o Rosario.** Nace en Durango donde recibe grandes afluentes. Sirve de límite a Durango y Sinaloa, pasa por el municipio de Rosario y luego de recorrer 165 km en tierras sinaloenses, desemboca cerca de Chametla, en el Océano Pacífico. Su cuenca es de 4 000 km².
- **Río Las Cañas.** Nace en Nayarit y sirve de límite entre los dos estados. Luego de 152 km desemboca en la bahía de Teacapán, en el Océano Pacífico.

Los rasgos característicos de los climas que se presentan en el estado se dividen en tres provincias climatológicas; la primera es la Zona Septentrional que está comprendida al norte del río Fuerte y las localidades de Esperanza y al sur de Topolobampo, presentando el tipo de clima tropical de llanuras, con calor interrumpido; una temperatura media del mes más frío superior a 18°C; un mes por lo menos con lluvias abundantes y una altura anual de lluvias de 2/3 de metro o más y cielo despejado o cúmulo de poca extensión en la temporada de sequía. La segunda es la Zona Central comprendida entre el río Mocorito, caracterizada por un clima subtropical (templado húmedo), de escasas lluvias en verano e invierno representativo en algunas regiones de condiciones análogas en la costa. Por último, la Zona Meridional que se extiende desde el río Mocorito hasta los límites del Estado de Nayarit, predominando en esta parte un clima tropical lluvioso de sabana con una temporada de sequía bien marcada y menos de 100 y hasta 250 centímetros de lluvias al año, con una diferencia de temperatura entre los meses más fríos y más calientes de 12°C. En resumen, se considera que el estado cuenta con clima cálido en la faja costera; templado cálido en los valles y en las faldas de los declives; templado frío en las montañas de poca elevación y frío en las más altas.

Este estado está situado entre las regiones biogeográficas Neártica y la Neotropical, lo que da la condición de alta diversidad biológica y donde destacan los tipos de vegetación como la correspondiente a la zona boscosa, el matorral, la selva baja espinosa, la selva mediana, manglares, palmares, bosques de galería, vegetación halófila, tulares, y otras.

Tabla 6.1 Cobertura por tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la sup. Estatal
Selvas medianas	1'077,662	18.54
Selvas bajas	1'317,499	22.67
Matorral	281,861	4.85
Dunas costeras	344,662	5.93
Bosques	1'224,696	21.08
Otro tipo	1'562,820	26.90
Total Estatal	5'809,200	100.00

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Algunas comunidades vegetales

René López saucedá y Martha P. Gómez Soto presentan los tipos de ecosistemas más comunes en Sinaloa, de la siguiente manera:

- **Selva mediana.** Se distribuye en la zona centro y sur del estado. Entre las principales especies que la representan se encuentran; la cabrita (*Mirandaceltis monoica*), el salate (*Ficus spp.*), el navío (*Conzattia sericea*), el guanacaxtle (*Enteolobium ciclocarpum*), entre otras.
- **Selva baja.** Se localiza principalmente en la zona centro y norte del estado, distribuyéndose en la franja cerril de pie de la Sierra Madre Occidental de los municipios de Culiacán, Badiraguato, Mocorito, Sinaloa, El Fuerte y Choix. Las principales especies que representan este tipo de asociación florística son: palo blanco (*Ipomea arborescens*), Brasil (*Haematoxylum brasiletto*) y mauto (*Lysiloma divaricata*), copal (*Bursera excelsa*), palo colorado (*Caesalpinia platyloba*).

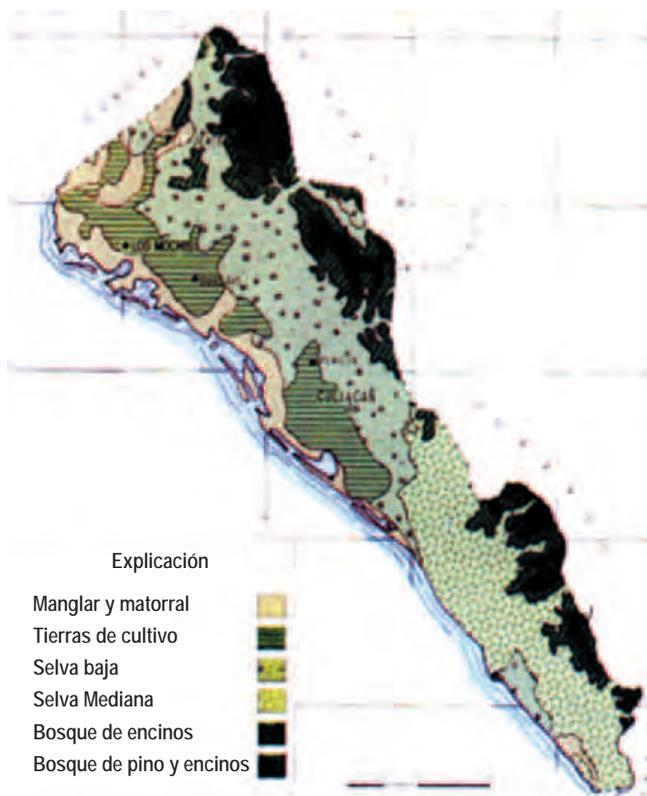


Figura 6.3 Diversa vegetación del Estado de Sinaloa.

- **Matorral.** Esta comunidad se distribuye en la costa de los municipios de Navolato, Angostura, Guasave y en la Sierra de San Miguel y San Ignacio en Ahome y el Fuerte, respectivamente. Las especies que representan a este tipo de vegetación son: papelillo (*Bursera simaruba*), mezquite (*Prosopis juliflora*), sangregado (*Jatropha sericea*), y varias especies de choyas del género *Opuntia*.
- **Dunas.** Esta comunidad de especies florísticas de hábitat salino se distribuye en una franja costera conocida como marisma, donde predominan: chamizos del género *Atriples*, mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Laguncularia racemosa*), mangle blanco (*Avicennia germinans*), aguabola (*Maythenus sp.*), saladillo (*Baris maritima*), y especies de zacate del género *Sporobolus*.
- **Bosque.** Esta comunidad se localiza en la porción oriente del estado, colindando con Durango y Chihuahua, y está representado por las especies de pinos del género *Pinus*, encinos (*Quercus spp.*), madroño (*Arbutus arizonica*), manzanita (*Arctostaphilus pungens*), álamo (*Populus tremuloides*), entre otras especies.



Figura 6.4 Dunas.

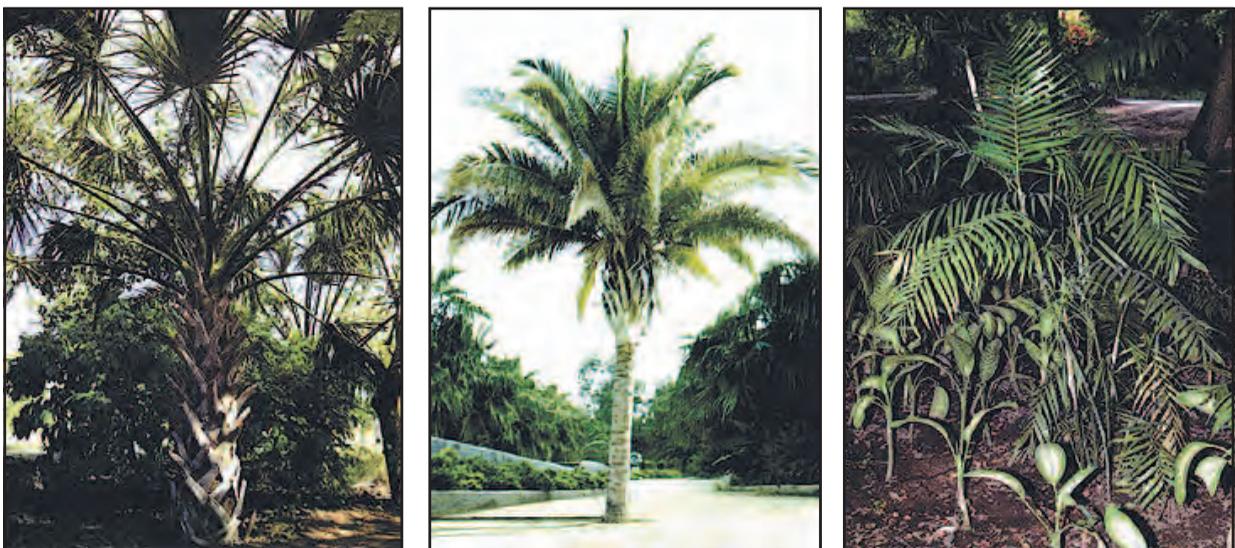


Figura 6.5 En Sinaloa existen distribuidas a lo largo del territorio, 5 especies de palmas. De izquierda a derecha son: la palma de abanico, la palma palapa y el carricillo.

Las plantas originarias de Sinaloa

El geógrafo Héctor R. Olea publicó en el Boletín de la Sociedad mexicana de Geografía y Estadística, Ecología Descriptiva de Sinaloa, de la cual usaremos algunos datos para darnos una idea de las plantas y animales que viven en Sinaloa.

Se han descrito desde 1621. Entre las primeras se cita a la ciruela ácida, más conocida como aguama, muy usada por sus propiedades antiescorbúticas; se describió en ese tiempo a los mezcales de la región, el peyote con propiedades narcóticas, el barbasco y el toloache.

Entre otros elementos originales de Sinaloa figuran el amole o árbol del jabón, además del nopal, tuna o higo de las indias, tasajo, choya, biznaga y pitahaya. En la familia de las leguminosas se anotan a gato o uña de gato, tepehuaje, tabachín, retama, chino, bequillo, mezquite, ébano, palo blanco y palo verde. En la familia de las anonáceas se cita al chirimoyo, anona, zapote. Otra planta autóctona es la chía (*Salvia hispánica*), usada como refresco y alimento, pero hoy, verdaderamente olvidada.

Son citadas plantas como el guayacán, palo mulato de Mazatlán, guásima, bule, zalate, cascomate, álamo, chopo, zapotes, flor de venadillo, vara blanca, uvalamo, pochote, ceiba y diversas palmas y cucurbitáceas.

Otras plantas originales son la habilla de mar, arellano o palo colorado, huisache marismefío, tabachín cimarrón, piojo, arellano, ébano, palo verde o brea, viche, ovilla, cascalote, mora hedionda, mautillo, pata de cabra, siviri, junco, torotes (amarillo, blanco, verde), tocomate, soyate, ayale, hule, candelilla. Se suman a esta lista el fresno, álamo, guamúchil, roble, copalquín, y otras más.



Figura 6.6 Diversas plantas originarias de nuestro estado. De izquierda a derecha, toloache, aguama, anona, candelilla, zapote y uña de gato.

Plantas aclimatadas

Sinaloa cuenta en su inventario vegetal una serie de plantas que han sido traídas muchas veces desde los confines de la Tierra y se han aclimatado sorprendentemente al grado de que hemos creído que son originales de acá de este lado. Citaremos algunas a manera de ejemplos. El plátano y el arroz son originarios de Asia; el tamarindo (*Tamarindos indicus*), también es originario de Asia tropical, quizás de India como su nombre científico lo señala; el naranjo es proveniente de china. Otros cítricos introducidos son cidra cayote (chilacayote), toronja, limón agrio, lima, limón real.

Otras especies introducidas son el algodón, laurel de la India, diversas especies de mango como el de Manila cultivado en el valle Culiacán y sur de Sinaloa; el bambú gigante fue traído de la India y una especie de bambú crece en Eldorado; el olivo fue traído desde el Mediterráneo; de la misma manera, el garbanzo, orgullo de los angosturenses, fue traído desde el Mediterráneo por los españoles.

Algunas plantas fueron traídas de otras partes del país como es el caso del Maguey y del henequén (Yucatán), y el tomate del sur de México y Veracruz (a su vez desde hace muchos siglos, de Perú). El aguacate es del sur centro de México y el frijol del sur de México. Es elemental reconocer de donde proviene el Palo de Brasil, tan diezmado en el valle de Culiacán por su uso en calidad de exportación en el siglo XIX y posteriormente para leña y material de construcción de cercos.

Otras plantas incorporadas a la flora de Sinaloa son el arrayán, el membrillo, el pepino, pera, papaya, papa, melón, durazno, coco originario de Filipinas, uva, caña de azúcar de las Islas Canarias, por citar algunas de las más conocidas.

Actividades que dañan la flora de nuestro estado

En el caso de Sinaloa, la deforestación de las zonas que se abren al cultivo ha provocado un cambio notable que ha venido a modificar los ecosistemas de nuestro estado.

La destrucción de la vegetación para dar paso a los asentamientos humanos en cualquiera de las ciudades del estado es uno de los factores de destrucción de los hábitats, pero también se cuenta la ampliación de las áreas agrícolas, ganaderas, acuí-

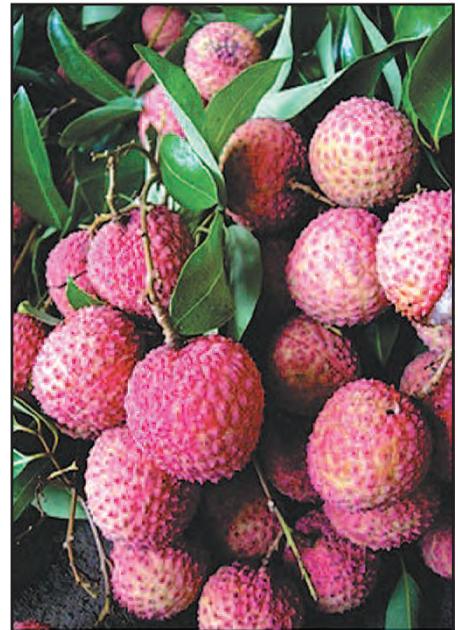


Figura 6.7 Una planta introducida a la Sierra de San Ignacio por inmigrantes chinos fue la amapola, originaria de Arabia. Recientemente, el árbol de lichi fue introducido a Sinaloa, ya que es originario del sur de China.

colas, y mineras. Los desmontes, erosión, zonas polvosas y áreas llenas de basura son comunes ahora en todo Sinaloa; en Culiacán se menciona el caso del proyecto Tres Ríos y Musala que hace varios años se planteó como zonas recreativas terminaron en proyectos de grandes especulaciones y encarecimiento del suelo en gran escala y los grandes perdedores son las condiciones naturales de vida de las especies vegetales y animales que en Sinaloa, desde antes de que el ser humano la colonizara ya existían.

Lourdes Arizpe y Julia Carabias, investigadoras de la UNAM, han resumido en forma sencilla esta problemática al señalar que, históricamente las principales causas de la disminución de la cubierta vegetal en todo el país, han sido el desmonte con fines agrícolas y ganaderos, el sobrepastoreo y la extracción de leña como combustible, así como los incendios provocados con fines distintos.

Hay una serie de actividades fundamentalmente en el plano de la agricultura, que siendo una de las actividades económicas más fuertes del estado, dañan directa o indirectamente a la flora. Así se cuentan entre esta:

- **El desmonte.** Esta actividad se realiza para abrir nuevas áreas de cultivo pero es el primer eslabón de una serie de cambios ambientales que cambia la condición del suelo, la vegetación misma, la hidrología y los animales silvestres que viven en esas áreas resultan particularmente dañados al perder su medio natural de vida. Se ha usado el desmonte, además, para producir leña y carbón.

Al eliminarse la cubierta vegetal, se reduce el hábitat para la fauna silvestre, generando un desplazamiento de organismos a otros sitios ocasionando un impacto indirecto y a distancia por la competencia de espacio y alimento principalmente, aquellos que tienen capacidad reducida de desplazamiento, como los mamíferos pequeños, reptiles e insectos.

- **Quemazones.** Esta actividad tiene una influencia directa sobre los factores ambientales; aire, suelo, flora y fauna. Muy usada para deshacerse de los rastrojos en la agricultura o para deshacerse de basuras de cualquier tipo.

Sobre el suelo se genera un impacto por la eliminación de la materia orgánica en la capa superior, y una rápida mineralización de las capas profundas del suelo.

La quema del material vegetal puede iniciar y de hecho ha iniciado grandes incendios forestales. Los impactos negativos se multiplican pues son factor de destrucción directa de diversas comunidades animales y sus centros de anidación y de cría. Los reptiles, los mamíferos menores, y los insectos son las especies animales más vulnerables a los incendios.

- **Rastreo y barbecho.** Esta actividad que se practica en la agricultura mecanizada y tracción animal continua, genera impactos adversos sobre el suelo, ciclo hidrológico y fauna del suelo.

Sobre el suelo, se genera un impacto conocido como erosión del suelo. La erosión luego trae como consecuencia el azolvamiento de las partes bajas como las bahías y esteros. Sobre el ciclo hidrológico, la pérdida del suelo,

ocasiona que se reduzca la infiltración del agua pluvial, trayendo como consecuencia el abatimiento del agua subterránea e inundaciones en las partes bajas, teniendo efectos locales y a distancia.

- **Uso de fertilizantes.** La pérdida de nutrientes en los suelos dedicados a la agricultura, hace indispensable la utilización de fertilizantes. Los impactos negativos que esta actividad genera, se reflejan en un proceso conocido como eutroficación de las aguas de las bahías y esteros, generando a su vez efectos indirectos como la dominancia de especies, como sería el caso del florecimiento de dinoflagelados o mareas rojas; abatimiento de oxígeno disuelto en el agua, mortalidad de especies sensibles a la contaminación del agua.
- **Aplicación de plaguicidas.** El caso de los plaguicidas se puede resumir diciendo que hay plaguicidas que son más venenosos al género humano que a las mismas plagas que se trata de eliminar como lo son algunos insectos, ratones, gusanos, hongos y malezas.
- **Riego.** La agricultura requiere de la disposición de grandes cantidades de agua, de tal manera que el suministro de agua se proporciona de manera tecnificada por medio de agua que han sido conservadas en presas y diques. El uso del agua provenientes de las presas para el riego de 764,855 hectáreas ha transformado gradualmente la línea de costa por la generación de impactos como son: azolvamiento de las lagunas costeras por arrastre de material terroso desde los terrenos de cultivo, trayendo como consecuencia una erosión de los mismos, y salinización de las tierras de cultivo por inadecuados drenajes.
- **Asentamientos humanos temporales.** Algunos aspectos que se tienen que reconocer es el asentamiento de algunas comunidades en los lugares cercanos a las grandes extensiones agrícolas, estos son los campos donde se asientan temporalmente los jornaleros que llegan de otras regiones del país. En muchos de ellos las condiciones de vida son insuficientes, por ejemplo, estos poblados han ejercido una constante presión por la descarga de aguas residuales domésticas, disposición inadecuada de los residuos sólidos domésticos, quema al aire libre de los residuos sólidos, demanda de combustibles (leña y derivados del petróleo).

La fauna en Sinaloa

Sinaloa queda ubicado dentro de una amplia franja geográfica. Esta franja geográfica se inicia desde el sur de Sonora y recorre el país hasta los límites de Oaxaca y Chiapas donde viven una gran cantidad de especies de mamíferos, sin embargo, la bióloga Teresa Reyna Trujillo ha calculado que de las especies endémicas de mamíferos de esta región el 45% de ellas son vulnerables que pueden llegar a estar amenazadas o hasta en peligro de extinción.

Particularmente para Sinaloa López Wilchis y colaboradores en su libro de *Mamíferos* (2003), reporta 116 especies de mamíferos, entre los que se cuentan al jaguar, ja-



Figura 6.8 *Diversos mamíferos presentes en nuestro estado. De izquierda a derecha, jabalí, coyote, jaguarundi, tejón, venado cola blanca y ocelote.*

guarundi, puma, ocelote, tigrillo, y al linco. Se suma al venado cola blanca, jabalí, coyote, mapache, tejón, tlacoyote, cacomixtle, tlacuache, liebre, conejo y armadillo.

Se reportan también a especies de mamíferos dulceacuícolas como nutria o perro de agua (*Lontra longicaudis*) y otra especie con tendencia al agua como la rata arrocera (*Oryzomys pallustris*).

En Sinaloa también tenemos murciélagos como el murciélago migratorio que se puede ver salir en los atardeceres en lugares como El Fuerte y el Cerro de Topolobampo Viejo. Además está el vampiro patas pelonas que ataca al ganado para chuparle la sangre.

Entre los reptiles se encuentran en Sinaloa al cocodrilo de pantano que se puede encontrar en Chiricahueto y en la desembocadura del Río Quelite. El monstruo de Gila, la víbora de cascabel amarillo verdosa vive en las zonas costeras, iguanas, la tortuga carey, tortuga prieta y caguama. A Sinaloa llegan a desovar principalmente la tortuga golfina y la tortuga láud, pero también en nuestras costas hay tortuga carey, tortuga prieta y caguama.

Entre los anfibios se cuentan a varias especies de sapos, la rana toro y la rana leopardo.



Figura 6.9 *Rana toro y rana leopardo.*

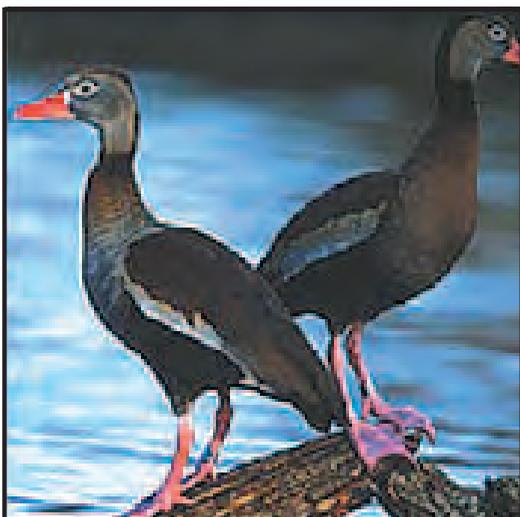


Figura 6.10 *Diversas aves autóctonas de nuestro estado. Una guacamaya verde, un ceniztle y dos pichihuilas.*

Entre los peces se encuentra la lisa, pargo, sardina, la anchoveta y el atún.

En Sinaloa, han sido introducidas con fines de cultivo diversas especies de peces, una de moluscos y dos de crustáceos de importancia comercial, entre ellos están la tilapia, el bagre y la lobina; el ostión japonés (no confundir con la especie nativa), langosta australiana y el langostino, respectivamente.

El biólogo Antonio Martínez López hace un recuento de las aves y nos reporta el hecho de que éstas aves se identifican con el medio que les proporciona alimento, guarida, agua, protección, anidación, existiendo, por tanto, una relación entre el tipo de vegetación, las condiciones del medio y el tipo de aves.

En Sinaloa se reporta la existencia de al menos 189 especies de aves. Las aves costeras se localizan en los esteros, marismas, lagunas costeras y bahías. Se reconocen en este grupo a las garzas, entre ellas el garzón gris o caroché, la garza blanca grande, la garcita de pies dorados, la garza rojiza, garcita gris, garza espátula o rosada, la pichihuila de ala blanca y la pichihuila de ala café, entre otras. Se puede agregar aves migratorias del Pacífico que llegan Sinaloa como la del tildío occidental y el vuelvepiédras. Aves playeras se registran en Sinaloa al tildío y a los tildíos de patas amarillas y el tildío canelo de pico curvo. En los humedales se reciben a una buena cantidad de patos migrantes como el pato golondrino, pato chalcuan, pato cucharón, pato pinto, pato cabeza roja y más. Muchas de estas aves son objeto de cacería al igual que la huilota y la chachalaca. Se tiene también, al halcón peregrino y gavián de Harris.

Abundan en nuestro estado las aves marinas como el pelícano café, el pájaro bobo, gaviota y los petreles. El pelícano blanco es especie migrante.

Otras aves registradas en Sinaloa son las canoras, es decir, las que emiten sonidos con diversos fines como el cortejo y defensa del territorio, así está el caso del ceniztonle, el gorrión mexicano, el jilguero, el mulato y la primavera.

También se habla de aves de colores muy llamativas como los pericos de cejas moradas, de frente blanca, de frente naranja, periquito catalino, guacamaya verde y sierrefña, y pájaros carpinteros, el cardenal, urraca, calandria, paloma de ala blanca, coa, codornices, paloma morada, y el colibrí.

Amenazas que enfrenta la fauna en Sinaloa

Entre los diversos factores que amenazan la diversidad faunística en Sinaloa se cuenta la destrucción parcial o total de los medios naturales de vida (hábitat) que puede llevar a la extinción de algunas especies. Ejemplo de esto es que en Sinaloa se reporta la desaparición de cuatro especies de aves, entre ellas se registra al pájaro carpintero imperial, al cóndor de California, paloma del socorro y el petrel de la Isla de Guadalupe.

La expansión de las actividades económicas como la agricultura, ganadería, acuicultura y minería las cuales ejercen presión al cambiar el uso del suelo, lo que trae consigo desmontes, erosión, salinidad, contaminación ambiental lo que conlleva a la pérdida de las especies de plantas silvestres que son sustento alimenticio de la fauna.

En los últimos 20 años los humedales en Sinaloa como los manglares han sufrido un gran decremento en su superficie por la expansión acuícola.

Otros factores son el comercio ilegal de la fauna silvestre, particularmente el de psitácidos (pericos, loros y guacamayas), víboras de cascabel, huevos y carne de tortuga marina, así como la caza furtiva, el sacrificio de cocodrilos por ser peligrosos o el del monstruo de Gila por ser venenoso, los ponen en riesgo de su erradicación en Sinaloa.



Figura 6.11 Aves extintas en nuestro estado. Pájaro carpintero imperial, cóndor de california y paloma del socorro.

Actividades

1. Enlista las áreas verdes de tu localidad. ¿Qué importancia tienen?
2. Forma grupos de discusión sobre la situación actual que se vive en tu comunidad con respecto al daño que causan diversas actividades humanas al medio ambiente.
3. Elabora un mapa en donde indiques las diferentes regiones naturales de tu estado e ilustres sus particularidades.
4. Realiza una investigación y un ensayo sobre la biodiversidad y las especies en peligro de extinción de tu estado.



UNIDAD 7

LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Introducción

La problemática del deterioro ambiental en todo el mundo es una de las grandes preocupaciones que la mayoría de los gobiernos han tenido que enfrentar desde las últimas décadas del siglo XX. Tal preocupación ha conducido a la mayoría de los países a establecer leyes, reglamentos y normas que regulen las actividades que todos los ciudadanos del mundo realizan para minimizar los efectos destructivos en la naturaleza de la acción del género humano, específicamente en su desarrollo económico, y además, promover la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad, así como las condiciones óptimas del suelo, agua y aire, la condición paisajística, y en general, la calidad de vida. En lo referente a México, las leyes que tienen que ver con el derecho a un medio ambiente sano están consagradas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y otras leyes que de ella se derivan.

Difundir la cultura jurídica ambiental para promover la educación ambiental es uno de los propósitos que en este capítulo se persigue. Este mismo propósito nos lleva a concretar un proceso participativo escolar en donde se intenta cambiar la mentalidad que tenemos, desde una conducta poco amigable hacia el medio ambiente a otro tipo de mentalidad en donde las relaciones que nosotros mismos hemos establecido con la naturaleza sean más armónicas. Esto es un reto que no sólo en el ámbito escolar se ha aceptado, sino más bien es un reto que hoy enfrentan los gobiernos y, en general, la humanidad entera.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la protección del ambiente

La Carta Magna de las leyes en México, es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que desde 1917 rige la vida en nuestro país. En ella se consagran todos los derechos y deberes de los ciudadanos que viven en el país. La definición del derecho a un medio ambiente adecuado se ha ido conformando a través de una serie de conceptos que a través del tiempo han sido incorporados al texto constitucional y que finalmente se incorporó como un derecho constitucional reconocido el 28 de junio de 1999.

Los principios que en la Constitución mexicana tienen relación con el medio ambiente y por ende consagran derechos son los siguientes:

- Derecho a un medio ambiente adecuado (artículo 4º).
- Derecho de protección a la salud (artículo 4º).
- Derecho al desarrollo sustentable (artículo 25).

El 28 de junio de 1999 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación las reformas al artículo 4º. para establecer un derecho a un medio ambiente adecuado. El texto constitucional del artículo 4º. en su párrafo sexto establece:

“Toda persona tendrá derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar”

María del Carmen Carmona Lara, especialista en derecho ecológico de la UNAM, nos dice que el enunciado anterior es un principio general constitucionalizado, pues a pesar de que está incluido en el artículo 4º constitucional (que es el que contiene a las garantías individuales), no es una garantía individual, solamente se convierte en un principio rector de la política social y económica del país. Con esta fecha, también se reformó el artículo 25 constitucional para incorporar al sistema nacional de planeación democrática el principio del desarrollo integral y sustentable.

En la Constitución se encuentran otros artículos que versan sobre la cuestión ambiental, así tenemos al artículo 27 que incorpora el principio de la conservación de los recursos naturales y restauración del equilibrio ecológico, además del 73 en su fracción XVI que se refiere a las medidas administrativas para prevenir y combatir la contaminación. En este mismo artículo, en su fracción XXIX se establece el sistema de concurrencias en materia ambiental, es decir, se refieren a la parte orgánica administrativa. Las atribuciones de los municipios en esta materia se establecen el artículo 115.

A nivel constitucional se otorga la facultad para establecer convenios entre la federación, los estados y los municipios en el artículo 116 fracción VII en el primer y segundo párrafo, y para el caso del Distrito Federal y zonas conurbadas, el artículo que fundamenta los convenios con la federación es el 122, en su fracción IX.

Todo esto nos lleva a que a partir de lo contenido en la Constitución Mexicana se desarrollen documentos de regulación que son aprobadas con el nombre de leyes que están vinculadas con el medio ambiente. Así tenemos, en primer lugar a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, conocida por sus siglas como LGEEPA, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos, Ley General de Vida Silvestre, Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable, Ley Agraria, Ley Minera; Ley General de Asentamientos humanos, Ley de sanidad Vegetal, Ley General de Salud, Ley de aguas nacionales, Ley Federal de Metrología y Normalización, así como los tratados internacionales que en materia ambiental México a firmado.

Acontecimientos y disposiciones que han contribuido a promulgar leyes ambientales y los cambios necesarios para hacer cumplir esas leyes

Los eventos más importantes se han dado a partir de los años 70 del siglo XX cuando la destrucción de los hábitats naturales y la degradación de la calidad ambiental empiezan a ser considerados como verdaderos problemas sociales a nivel local y global que deben de ser atendidos y regulados por los órganos de gobierno.

Rafael Guzmán y Carmen Anaya de la Universidad de Guadalajara nos reportan que en 1971 es aprobada la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, que contemplaba los efectos de la contaminación ambiental en la salud humana. Se emitieron tres reglamentos sobre la prevención y control de la contaminación del aire, agua dulce y aguas marinas. Se reforma el artículo 73 de la Constitución para establecer atribuciones al Consejo General de Salubridad para prevenir y combatir la contaminación ambiental.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en Estocolmo, en 1972, dictó una serie de principios a manera de política ambiental que en México fueron aceptados reflejándose en el hecho de que en ese mismo año, se crea la Subsecretaría del Medio Ambiente para encargarse de la gestión ambiental. Esta subsecretaría dependía de la Secretaría de Salud. Recibieron atribuciones otras secretarías que trabajarían específicamente como es el caso de la Secretaría de Recursos hidráulicos, para determinar y combatir el grado de contaminación de las aguas nacionales; la secretaría de Agricultura y Ganadería para la contaminación de suelos y la Secretaría de Industria y Comercio para lo correspondiente a la contaminación del aire.

Diez años más pasaron para ver concretada la promulgación de una ley como la Ley Federal de Protección al Ambiente en la que se avanzaba en el establecimiento de mecanismos jurídicos para la vigilancia y protección del ambiente. Se creó para tales fines a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, de todos conocida como la SEDUE, y en donde se creaba, también, la Dirección de Educación Ambiental, que significa el primer antecedente oficial que propugnaba por el establecimiento y difusión de líneas educativas que tuvieran que ver con el respeto al medio ambiente.

En 1988 se aprueba la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (LGEEPA). Esta ley reglamenta las disposiciones constitucionales referidas a la conservación y uso racional de los recursos naturales, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección del medio ambiente en México. Esta Ley se modifica en 1996, 2000, 2003, 2005 y 2008, destacando los siguientes propósitos, entre otros:

- Establecer un proceso de descentralización de la administración, ejecución y vigilancia ambiental a favor de las autoridades locales.
- Ampliar los márgenes de participación ciudadana en la gestión ambiental, a través de mecanismos como la denuncia popular, el acceso a la información ambiental y la posibilidad de demandar jurídicamente las actividades que dañen al ambiente.
- Incorporar definiciones de conceptos como los de sustentabilidad y biodiversidad y educación ambiental, ecosistema, restauración ecológica y zonificación territorial.

Las disposiciones de la LGEEPA son de orden público e interés social y está organizada en los siguientes seis títulos:

- I. **Disposiciones generales**, que comprende: Las definiciones en materia ambiental; la distribución de competencias; la política ambiental; planeación y

ordenamiento ecológico; asentamientos humanos; evaluación de impactos ambientales; normas oficiales en materia ambiental; investigación y educación ecológica.

- II. **Biodiversidad**, que comprende: Las áreas naturales protegidas, las zonas de restauración y la flora y la fauna silvestre.
- III. **Aprovechamiento sustentable de los elementos naturales**, que comprende: el aprovechamiento sustentable del agua y los sistemas acuáticos, del suelo y de los recursos renovables.
- IV. **Protección al ambiente**, que comprende: La prevención y control de la contaminación de la atmósfera, del agua y los ecosistemas acuáticos, del suelo; actividades peligrosas, materiales peligrosos, energía nuclear; ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, olores y contaminación visual.
- V. **Participación social e información ambiental**.
- VI. **Medidas de control y de seguridad y sanciones**, que comprende: La inspección y vigilancia, medidas de seguridad, sanciones administrativas, delitos del orden federal, y la denuncia popular.

Esta ley sirvió de base para legislar sobre la protección al ambiente en cada uno de los estados de la República para promulgar las leyes locales.

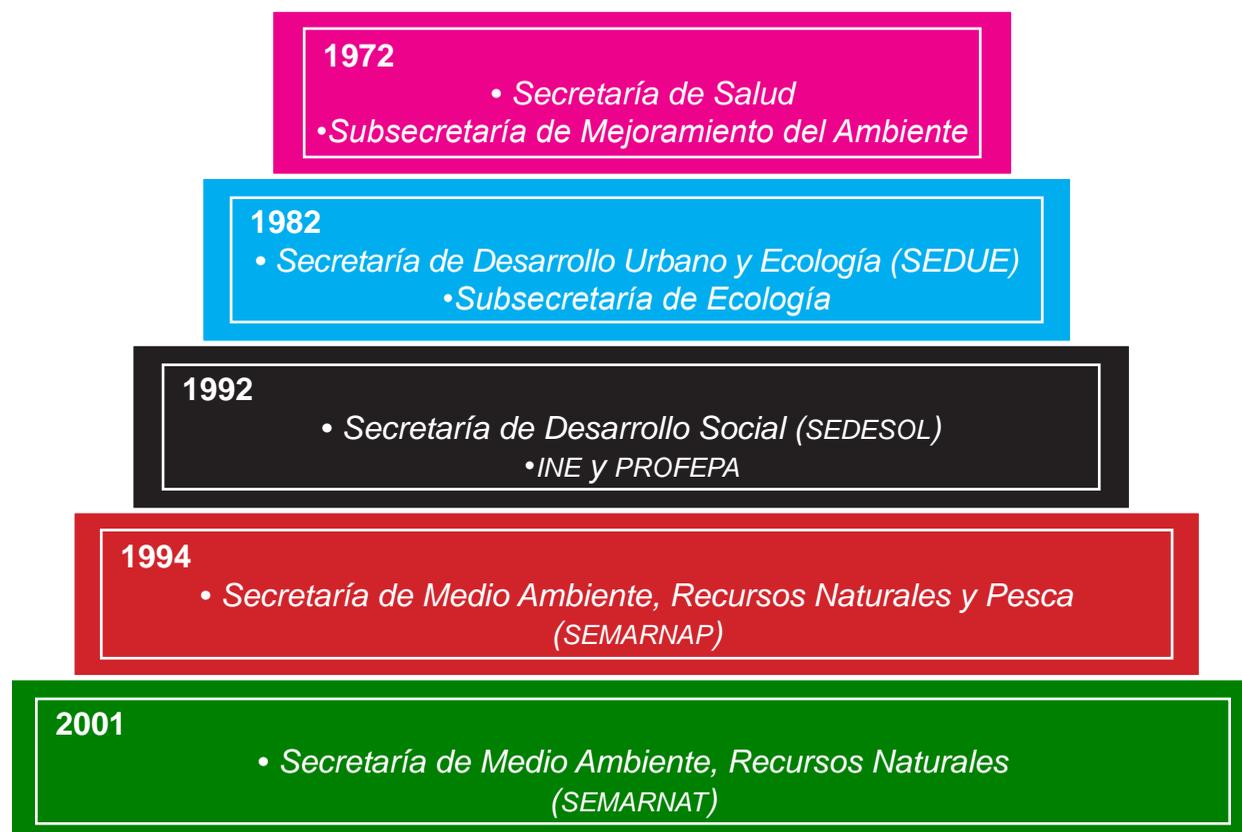


Figura 7.1 Desde 1972 se han creado y transformado en México instituciones gubernamentales encargadas de la gestión de los recursos naturales y los aspectos relacionados con el ambiente.

En 1992 se creó la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) con el propósito, entre otros, de vigilar el cumplimiento de la legislación ambiental. Dependientes de esta secretaría se crearon el Instituto Nacional de Ecología (INE) encargado de la normatividad, y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) encargada de la inspección y vigilancia.

En 1994 fue creada la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), misma que hoy sólo es SEMARNAT dependencia federal que tiene a su cargo el desempeño de atribuciones y facultades que le encomiendan varias leyes, entre ellas la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y diversos reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas, circulares y órdenes del presidente de los Estados Unidos Mexicanos.

Normas Oficiales Mexicanas para la protección ambiental

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son, en síntesis, las regulaciones obligatorias que establecen la aplicación y cumplimiento de reglas y especificaciones de un tipo específico de actividades contempladas en una ley. Además, son elaboradas de acuerdo a la Ley federal de Metrología y Normalización.

Existen las siguientes NOM para la protección ambiental, referidas a:

- Contaminación atmosférica: industria, vehículos, monitoreo ambiental y calidad de combustibles.
- Residuos peligrosos.
- Contaminación del agua.
- Emisión de ruido.
- Conservación de los recursos naturales.
- Ordenamiento ecológico e impacto ambiental.

Las competencias en materia ambiental

A nivel federal

El Congreso de la Unión General es el depositario del poder Legislativo de los Estados Unidos Mexicanos; está dividido en dos cámaras, una de diputados y la otra de senadores. Estas cámaras son las que aprobaron, en 1917, el contenido y espíritu de la Constitución Mexicana y las que están facultadas para hacer reformas a la Constitución. El artículo 73 constitucional, en su fracción XXIX-G, tiene la facultad para “expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias en materia de protección al ambiente, y de preservación y restauración del equilibrio ecológico”.

La federación integrada por los 31 estados y el Distrito Federal queda bajo la competencia de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente por su alcance general de la nación y/o de interés federal. Las atribuciones que esta ley otorga a la federación son ejercidas por el Poder Ejecutivo Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Además, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) es la encargada de sancionar a los responsables de los daños ambientales. En este país existe una representación tanto de SEMARNAT como de PROFEPA en todos y cada uno de los estados.

A nivel estatal

Carlos Karam Quiñónez, investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa, especialista del derecho ambiental de México y de Sinaloa, al referirse a la concurrencia de facultades en la LGEEPA, nos aclara que esta ley implementa el concepto de concurrencia, es decir, que contiene a un mecanismo que transfiere a través de convenios atribuciones en la cuestión ambiental de la federación a los Estados y, además, a una participación coordinada de los diferentes niveles de gobierno en lo que se refiere a la atención de asuntos ambientales. De esta manera se concreta el hecho de que la facultades que la LGEEPA sean ejercidas tanto por la federación como por los estados y los municipios, de manera concurrente. Esta delegación de facultades constituye el motivo por el cual los Estados han desarrollado, de manera muy diferente, sus propias leyes para la protección ambiental. Actualmente, cada estado tiene su propia ley de equilibrio ecológico y de protección al ambiente. En Sinaloa existe esta ley expedida desde 1991 la cual a estas fechas se considera verdaderamente obsoleta. Es de comentar que desde 1998, diversos especialistas ambientales de la UAS y de la Fundación Colhuacan presentaron un anteproyecto de Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Sinaloa (LEE-PAES), en donde se modificaba y actualizaba hasta un 80% de la ley ambiental vigente. Esta propuesta nunca fue atendida por el Congreso del Estado de Sinaloa y por lo tanto seguimos con una legislación ambiental obsoleta.



Figura 7.2 La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) es la encargada de sancionar a los responsables de los daños ambientales.

Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7º de la LGEEPA y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

- La formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal.
- La aplicación de los instrumentos de política ambiental previstos en las leyes locales en la materia, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realice en bienes y zonas de jurisdicción estatal, en las materias que no estén expresamente atribuidas a la federación.
- La prevención y la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles, que conforme a lo establecido en esta ley no sean de competencia federal.
- La regulación de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas para el ambiente, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 149 de la LGEEPA.
- El establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas, previstas en la legislación local, con la participación de los gobiernos municipales.
- La regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos de conformidad en lo dispuesto por el artículo 137 de la LGEEPA.
- La prevención y control de la contaminación generada por la emisión de ruido, vibraciones, calor, luz, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales al equilibrio ecológico y al ambiente, provenientes de fuentes fijas o móviles que no sean de competencia federal.
- La regulación del aprovechamiento sustentable.
- La formulación, expedición y ejecución de los programas de ordenamiento ecológico del territorio a que se refiere el artículo 20 bis 2 de la LGEEPA, con la participación de los municipios respectivos.
- La prevención y control de la contaminación generada por el aprovechamiento de las sustancias no reservadas a la federación, que constituyan depósitos de naturaleza similar a los componentes de los terrenos, tales como rocas o



Figura 7.3 Lamentablemente el Estado de Sinaloa cuenta con una ley de equilibrio ecológico y de protección al ambiente obsoleta.

productos de descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción u ornamento de obras.

- La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico o el ambiente de dos o más municipios.
- La participación de emergencias y contingencias ambientales.
- La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la federación, en las materias y supuestos a que se refieren las fracciones III, VI y VII de este artículo.
- La conducción de la política estatal de información y difusión en materia ambiental.
- La promoción de la participación de la sociedad en materia ambiental.
- La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades que no se encuentren expresamente reservadas a la federación, por la presente ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 35 bis 2 de la LGEEPA.
- El ejercicio de las funciones que en materia de preservación del equilibrio ecológico y protección al ambiente les transfiera la federación, conforme a lo dispuesto en el artículo 11 de este ordenamiento.
- La formulación, ejecución, y evaluación del programa estatal de protección al ambiente.
- La emisión de recomendaciones a las autoridades competentes en materia ambiental, con el propósito de promover el cumplimiento de la legislación ambiental.
- La atención coordinada con la federación de asuntos que afecten el equilibrio ecológico de dos o más entidades federativas.

A nivel municipal

El artículo 115 constitucional en su fracción II señala: “Los municipios poseerán facultades para expedir de acuerdo con las bases normativas que deberán establecer las legislaturas de los estados, los bandos de policía y buen gobierno y los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones”. Las facultades de los municipios cubren los siguientes aspectos: agua potable y alcantarillado, alumbrado público, servicio de limpia, mercados y centrales de abasto, panteones, rastros, calles, parques y jardines, seguridad pública y tránsito, y demás que le confiera la ley.

Corresponden a los municipios, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 8° de la LGEEPA y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

- La formulación, conducción y evaluación de la política ambiental municipal.
- La aplicación de los instrumentos de política ambiental local previsto por las leyes locales en la materia y la preservación y restauración del equilibrio

ecológico y protección al ambiente en bienes y zonas de jurisdicción municipal en las materias que no están expresamente atribuidas a la federación o al estado.

- La aplicación de disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas o móviles que no sean consideradas de jurisdicción federal.
- La aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos ambientales causados por los residuos sólidos industriales que no estén considerados como peligrosos, de conformidad al artículo 137 de la presente ley.
- La creación y administración de zonas de preservación ecológica de los centros de población, parques urbanos y jardines públicos y demás áreas análogas previstas por la legislación local.
- La aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de la contaminación por ruido, vibraciones, calor, radiaciones electromagnéticas, luminosas y olores perjudiciales provenientes de fuentes fijas y móviles.
- La aplicación de las disposiciones jurídicas que en materia de prevención y control de contaminación de las aguas que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.
- La formulación y expedición de los programas de ordenamiento ecológico local.
- La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población en relación con los efectos derivados de los servicios de alcantarillado, limpia, mercados, centrales de abasto, panteones, rastro, tránsito y transportes locales que no estén comprendidas en la ley federal o estatal.
- La formulación, ejecución y evaluación del programa municipal de protección al ambiente.
- La participación en la atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico de dos o más municipios y que generen efectos ambientales en su circunscripción territorial.
- La participación en emergencias y contingencias ambientales conforme a las políticas de protección civil.
- La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la federación.
- La formulación y conducción de la política municipal de información y difusión en materia ambiental.
- Participación en la evaluación del impacto ambiental de obras o actividades de competencia estatal realizadas en el propio municipio.
- La formulación, ejecución y evaluación del programa municipal de protección al ambiente.

Actividades

1. Investiga cual es el área natural protegida más cercana al lugar donde vives. Enlista los datos más importantes como:

- Tipo de área protegida
- Extensión
- Fecha del decreto
- Tipos de vegetación
- Tipos de animales
- ¿Por qué fue declarada como área natural protegida?

2. Contesta las siguientes preguntas:

- Describe la importancia y los orígenes de la legislación ambiental mexicana.
- ¿Qué dice la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos acerca de la conservación de los recursos naturales?
- ¿Cuál es el papel de las Normas Oficiales Mexicanas en las actividades que causan desequilibrio ecológico o daños al ambiente?

3. Para reflexionar

¿Cuál es la utilidad y la importancia de la legislación ambiental. ¿Crees que se podrían obtener los mismos resultados con otros métodos que no sean la promulgación de leyes? ¿Cómo asegurar que las leyes ambientales se apliquen realmente?



ACTIVIDADES DE LABORATORIO

DE ECOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Actividad no. 1

Reciclado de papel

Información previa

El papel se inventó en China, en el año 105 de nuestra era.

El proceso para reciclar el papel fue desarrollado en el año de 1800 por Matthias Koops quien descubrió que se podía formar de nuevo una pulpa por desintegración del papel usado en agua caliente.

Competencias a desarrollar

Observar, experimentar, comparar y contrastar

Problema de investigación

¿Cómo se recicla el papel?

Estrategia

En esta investigación, el estudiante reciclará papel de desecho y obtendrá una pieza nueva de papel.

Hipótesis

El papel puede ser reciclado usando técnicas simples.

Materiales

Algunas hojas de papel de desecho que colectemos en cualquier oficina de la propia escuela o en otro lugar (puede usarse periódico, cartulinas, cartoncillo, papel de empacar tortillas, incluso papel de regalo), una cubeta, una licuadora o batidora, agua, almidón (maizena), lupa, charola grande o cuadro de vitropiso, colador, rodillo de cocina.

Procedimiento:

1. Romper en pequeños trozos el papel que deseamos reciclar. Agrega agua para reblandecer el papel.



2. Remojar: Después de haberlo cortado pon todo el papel que puedas en una cubeta con agua y déjalo remojar.
3. Usando la cubeta como recipiente, mezclar el papel ya troceado con agua, con un poco de almidón (éste previamente disuelto en agua tibia).



4. Pasar el batido a una licuadora para moler finamente los trocitos de papel hasta uniformar la mezcla que tendrá consistencia de pasta. Recuerda que debe de tener más agua que papel. Déjalo licuar por un minuto.
5. Si quieres que tu nuevo papel tenga color puedes agregar algún colorante vegetal. También puedes usar brillantina para decorarlo.
6. Vierte la pasta en el colador y deja escurrir el agua sobrante.
7. Deposita y extiende la pasta sobre una superficie plana como una charola, tabla de picar verdura o sobre un cuadro de vitropiso, dale la forma que gustes y aplánala con el rodillo de cocina, de tal manera que alcance el grosor de una hoja de cartoncillo o más delgada.



8. Puedes hacer tantas veces este proceso hasta que completes el número de hojas deseado para hacer una libreta de notas con papel reciclado que tú mismo hiciste.
9. Déjala secar al sol y de esta manera, tendrás al final papel perfectamente reciclado y además usable para cualquier propósito.

Preguntas a contestar

1. ¿Qué función tiene el almidón?

2. ¿Cómo mejorarías la calidad del papel que se ha reciclado?

3. ¿Qué importancia tiene el proceso de reciclado de papel en la conservación de nuestros recursos naturales?

4. ¿Qué uso se le puede dar a este material reciclado?

5. ¿Qué otros materiales se pueden reciclar?

Resultados de este trabajo y comentarios

Actividad no. 2

Investigación sobre la contaminación del aire

Información previa

La vida en la Tierra depende del aire y del agua, sin embargo, estamos poniendo en peligro estos importantes recursos. El aire que respiramos contiene el oxígeno que necesitamos, pero también puede contener, por contaminación, otras muchas sustancias químicas que pueden dañarnos a nosotros y a la gran cantidad de especies biológicas que también lo necesitan para vivir. El aire que respiramos puede estar contaminado por partículas de polvo, de humo, de sustancias ácidas, por un exceso de CO₂, hidrocarburos, ozono, incluso virus y bacterias que son arrastrados por los vientos.

Problema a resolver

¿Cómo se puede detectar la contaminación del aire?

Materiales

Microscopio
Cajas de Petri (4)
Portaobjetos (4)
Cubreobjetos (4)
Tarro con vaselina y
Palitas abatelenguas (4).

Procedimiento

1. Trabajar en equipos.
2. Elaborar una especie de trampa de partículas suspendidas en el aire: sencillamente con el abatelenguas se toma un poco de vaselina del tarro y se unta extendiéndolo en la parte del medio de cada portaobjetos.
3. Destapa sucesivamente cada una de las cajas de Petri para colocar en su interior una trampa (porta con vaselina) en cada caja. Luego las cubres con su tapa inmediatamente.
4. Selecciona cuatro lugares diferentes en donde destaparás las cajas de Petri para captar polvos suspendidos. En cada lugar seleccionado los destaparás y los dejarás a la intemperie.
5. Tiempo de exposición de nuestras trampas envaselinadas: 25 minutos.
6. Después de ese lapso de tiempo, tápalas, numéralas y anota el lugar en donde fueron colocadas.

7. Ya reinstalado en tu laboratorio con las cuatro cajas de Petri previamente expuestas, ábrelas, saca la trampa y colócala en el microscopio para observación minuciosa.
8. Al microscopio observarás una gran cantidad de partículas que captamos del aire. Se deben de contar en cada una de las trampas. Anótalas en un registro especial para cada una de las trampas.
9. Puedes promediar el conteo entre las cuatro trampas.
10. Lleva un **registro de resultados** donde anotes el número de trampa, el número de partículas detectadas y el lugar donde se encontraron.
11. No olvides limpiar los materiales que usaste en esta investigación y el área de trabajo del laboratorio

Preguntas a contestar

¿En qué lugar había más partículas suspendidas?

¿Se puede considerar como el lugar más contaminado?

¿Qué influye para que sea el lugar con mayor número de partículas?

¿Es probable predecir, que con clima muy seco habrá el mismo número de partículas suspendidas que en un clima lluvioso?

Resultados de este trabajo y comentarios

Actividad no. 3

Investigación sobre la contaminación del agua

Información previa

La vida en la Tierra depende fundamentalmente del agua. La mayoría de los seres vivos necesita del agua dulce para realizar sus funciones biológicas y de supervivencia. La cantidad de agua dulce se dispone sólo en cantidades limitadas. Mucha de esa agua dulce está, además, contaminada por una infinidad de sustancias que van desde las descargas de aguas negras de los asentamientos humanos, las descargas de aguas residuales de las industrias que la contaminan con sustancias tóxicas, las aguas de los drenes agrícolas contaminadas con plaguicidas y fertilizantes, y otras muchas.

Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los tipos de contaminantes del agua del lugar donde vives?
- ¿Cómo se puede determinar los tipos de contaminantes del agua?

Materiales

Microscopio
Lupa
Portaobjetos
Cubreobjetos
Frascos de vidrio para muestras de agua (3)
Agitadores de vidrio (3)
Papel tornasol indicador de pH
Tubos de ensaye (3)
Goteros (3)

Procedimiento

1. Tomar tres muestras de agua de diferentes fuentes. Puedes usar agua de la llave, de un arroyo, de una descarga doméstica, de una alberca o cualquier otro lugar.
2. Numera cada frasco y lleva un registro de la fuente de agua.
3. Agita las muestras de agua antes de hacer las determinaciones.
4. Con una lupa, observa el frasco para ver si hay partículas suspendidas en el agua.
5. Verifica visualmente la nitidez del agua: alta, mediana, baja, nula.
6. Verificar con cuidado la presencia de olores extraños en el agua.
7. Determina la basicidad o acidez del agua usando el papel tornasol especial para este fin. Toma una gota con el gotero y colócalo sobre una tira de papel tornasol. Usa el comparativo para determinar su pH.

8. Toma otra gota de agua y colócala en un portaobjetos, la cubres y observa al microscopio en busca de algunas formas minúsculas que se puedan encontrar en el agua.
9. Puedes agregar, además, agua a un tubo de ensayo, llénalo a la mitad y agítalo durante 10 segundos. Si se forma espuma puede ser indicador de la presencia de detergentes en el agua.
10. Repite los pasos anteriores para cada uno de los frascos.
11. Limpia el área de trabajo y lávate las manos.

Preguntas a contestar

¿Alguna de las muestras concluyes que está contaminada?

¿Identificaste algún tipo de contaminante?

¿Alguna de las muestras es apta para consumo humano?

Resultados de este trabajo y comentarios

Actividad no. 4

Cálculo de la Biodiversidad

Información previa

Cuando un paisaje está dominado por sólo una especie vegetal, se dice que no hay biodiversidad o que su biodiversidad es cero, y a medida que en un paisaje se observan una gran cantidad de especies diferentes es cuando se dice que tenemos una biodiversidad en un porcentaje determinado.

Cuando se hace el cálculo por el método de Simpson modificado, si la biodiversidad se determina entre el rango de 0.0 a 16 es muy baja, si queda en el entre 17 a 33, la diversidad es baja, si queda entre 34 y 66 es media y si el cálculo va desde 67 a 83 es alta y de 84 hasta 100 es muy alta.

Competencias a desarrollar

Observar, calcular, contar

Problema planteado

¿Cómo se hace el cálculo de la biodiversidad de un parque?
¿Cómo saber si la biodiversidad es alta, baja o alta?

Estrategia

Durante esta investigación, visitarás un parque botánico o un jardín escolar con muchas especies vegetales, o un jardín municipal y calcularás la diversidad de la vegetación, usando el Método de Simpson modificado.

Hipótesis

La diversidad de especies diferentes puede ser calculada por medio de métodos cuantitativos como el método de Simpson modificado.

Materiales

Lápiz, cuaderno de notas, calculadora.

Procedimiento

1. Visita un lugar con vegetación muy variada como un parque, jardín escolar o un jardín botánico municipal.
2. Anota el nombre de cada una de las especies de plantas y el número de cada una de ellas, es decir, la abundancia, en orden decreciente.

A manera de ejemplo

<u>Especie</u>	<u>Abundancia: Ni (número de individuos)</u>
Rosales.....	78
Ixoras.....	76
Maravillas.....	33
Obelisco.....	24
Helechos.....	18
Palmas.....	17
Listones.....	15
Petunias.....	14
Pinos.....	13
Sávilas.....	12
Número total de individuos (Nti)	300

3. Multiplicamos (Ni) de cada una de las especies encontradas por el factor (Ni-1):

$$\begin{aligned}
 & (Ni)(Ni-1) \\
 & 78(77)=6006 \\
 & 76(75)=5700 \\
 & 33(32)=1056 \\
 & 24(23)=552 \\
 & 18(17)=306 \\
 & 17(16)=272 \\
 & 15(14)=210 \\
 & 14(13)=182 \\
 & 13(12)=156 \\
 & 12(11)=132
 \end{aligned}$$

Suma de todas las (Ni) (Ni-1)= 14,572

4. Usemos la fórmula para calcular biodiversidad:

$$\frac{\text{Suma de } [(Ni)(Ni-1)](100 \%)}{\text{Suma de } [Nti (Nti-1)]}$$

5. Sustituyendo los valores calculados:

$$\text{Biodiversidad} = \frac{14,572.00 (100)}{300(299)} = 16.245\%$$

Se concluye de este ejemplo que la biodiversidad del lugar en donde se tomó esta muestra es muy baja.

Ahora tomarás ese lugar (jardín botánico, jardín escolar, jardín municipal) y repetirás el mismo procedimiento para determinar la biodiversidad en el lugar elegido por tu maestro.

Preguntas a contestar

1. ¿Cuál fue el resultado?

2. A partir de nuestros resultados, podemos concluir que la biodiversidad estimada es:

Elabora tus conclusiones acerca de la biodiversidad del lugar donde hiciste la investigación

Actividad no. 5

Observación de una red alimenticia en el agua

Información previa

Una red alimenticia ocurre en toda clase de comunidades. Para ver una red alimenticia que ocurre relativamente rápido y en pequeña escala, puedes estudiar los organismos que crecen en el agua.

Competencias

Determinar niveles tróficos de una red alimenticia.
Establecer tramas alimenticias.

Material

Frasco grande de boca ancha, microscopio, gotero, portaobjeto y cubreobjeto, arena, piedritas, vidrio plano, hojas y ramitas de *Elodea* o alguna que encuentres en algún charco.

Procedimiento

Tres semanas antes de la práctica hacer lo siguiente:

1. Llena un frasco grande hasta sus 3 cuartas partes con agua.
2. Deja el frasco destapado durante la noche
3. Adiciona algunas hojas, ramitas y piedritas de una charca de agua.
4. Coloca el frasco en un lugar bien iluminado pero no a la luz directa del sol. Cubre el frasco con un vidrio plano pero no cerrado completamente.

Transcurridos las tres semanas:

5. Usa un gotero para tomar una muestra de cerca de la superficie, otra del medio (parte central) y otra cerca del fondo. Examina cada muestra al microscopio.
6. Haz un registro de las diferentes clases de organismos que observaste, también haz un registro de cuantos y cada clase de organismos que viste. Puedes usar libros de biología y con ayuda de tu profesor, identifica los organismos que observaste.

Preguntas a contestar

1. ¿Qué organismos observaste en el agua?
-
-

2. ¿Cuáles organismos fueron más abundantes en el agua?

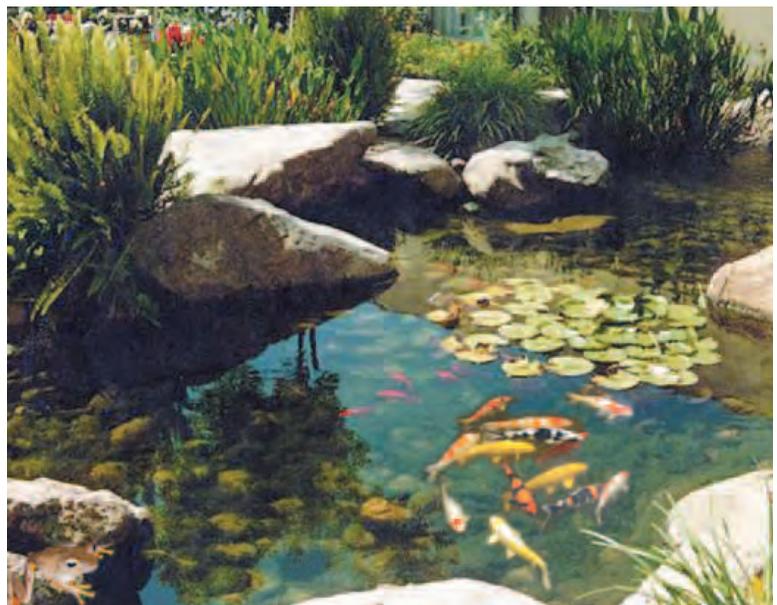
3. ¿Cuáles organismos fueron los más escasos?

4. Al principio, el agua estaba sin organismos ¿de dónde se supone que vinieron los organismos que observaste?

5. ¿De qué zona del frasco (superficial, parte media o fondo) encontraste más organismos?

6. ¿Podrías decir que una red alimenticia se estableció en el frasco? Explica tu respuesta. Indica qué nivel trófico ocupa cada organismo en la red alimenticia.

7. En este estanque que observas, ¿qué tramas o redes alimenticias consideras que se realizan? NOTA: Se observó al microscopio una gota de agua de este estanque y se encontraron algas (autótrofos), protozoarios (heterótrofos) y bacterias desintegradoras.



Actividad no. 6

El efecto invernadero

Información previa

La Tierra sufre un recalentamiento debido al efecto invernadero. Los rayos solares atraviesan la atmósfera terrestre igual que pasaran a través de una bolsa de plástico. Los rayos solares convertidos en calor no logran disiparse con facilidad absorbiéndose por la superficie terrestre que se calienta como si estuviera en un invernadero.

Competencias

Observación, medición, comparación.

Materiales

- 1 bolsa de plástico transparente
- 2 termómetros, marcados como 1 y 2

Procedimiento

Introduce el termómetro 1 en la bolsa de plástico. Cierra la bolsa con un nudo y colócala en el borde de una ventana que esté recibiendo sol. El termómetro 2 lo colocas a un lado de la bolsa, en el mismo borde de la ventana. Déjalos que reciban el sol directamente durante diez minutos; al final lee la temperatura que marcan cada uno de los termómetros.



Resultados

Registro de la temperatura en el termómetro 1: _____

Registro de la temperatura en el termómetro 2: _____

Preguntas a contestar

¿Existe diferencia entre las temperaturas marcadas por los termómetros 1 y 2?

1. ¿De cuantos grados es la diferencia?

2. ¿A qué puede deberse esta diferencia?

3. En el planeta Tierra existe una gran capa que actúa como la bolsa de plástico que usamos en este experimento, absorbiendo los rayos de calor y reenviándolos de nuevo a la Tierra impidiendo la salida de dicho calor al espacio exterior.
¿Cómo se llama esa capa?

4. ¿Qué soluciones propondrías para evitar el efecto invernadero?

Resultados de este trabajo y comentarios

Bibliografía

Unidad 1

- Wuest Teresa. Aspectos sociohistóricos de la relación hombre- naturaleza en Ecología y educación. *Elementos para el análisis de la dimensión ambiental en el curriculum escolar*. UNAM, México, 1992.
- Wuest, Teresa, “Del Homo Faber al Homo sapiens sapiens (¿), al homo...? a manera de presentación” en Wuest, Teresa (Coordinadora) *Ecología y Educación, Elementos para el análisis de la dimensión ambiental en el currículo escolar*, Centro de Estudios sobre la Universidad UNAM, México, 1992.
- Bravo, M. M. T., *Bachillerato en México y perspectivas ambientales*, en Memorias del primer seminario internacional sobre formación ambiental profesional., UNAM, CONACYT, México, 1990.
- Delgado, D. J. C., *Los límites socioculturales de la educación ambiental*. México, Siglo XXI, UNESCO, 2002.
- González G. E., *La Educación Ambiental, en Ecología y Educación*, Elementos para el análisis de la dimensión ambiental en el currículo escolar, p. 167- 193, en T. Wuest, (coord), México, CESU-UNAM, 1992.
- Mora, E. “El narcotráfico le pega a las reservas ecológicas” *Periódico Excelsior*. Nacional, p.1. 22 de julio de 2008.
- Molina Freaner, F. “Riqueza incomparable”. *¿Cómo ves?* México: UNAM, año 12, núm. 136, marzo de 2010.
- Novo, M. *La Educación Ambiental, Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Madrid: UNESCO-Universitas, 1998.
- Sarukhán José y Dirzo Rodolfo (Compiladores). México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad. México, 1992.

Unidad 2

- Ayres, E., *The fastest mass extinction in earth history*, World Watch, 11 (5), 1998, cit. por Broswimmer F.
- Broswimmer Franz J. *Ecocidio. Breve historia de la extinción en masa de las especies*. Unión Europea: Océano, 2005.

- Canetti, E. *El suplicio de las moscas*, Anaya y Mushnick, Madrid, 1994, cit. por Broswimmer F.
- Cassels, R., *The role of the prehistoric man in the faunal extinctions of New Zealand and other pacific islands*. University of Arizona Press, 1984, cit. por Broswimmer F.
- Cohen, M. N., *La crisis alimentaria de la prehistoria*. Alianza, Madrid, 1993, cit. por Broswimmer F.
- Diamond, J. *El tercer chimpancé*, Espasa-Calpe, Madrid, 1994, cit. por Broswimmer F.
- Dubos, R. J. *Un Dios Interior*, Salvat, Barcelona., 1988, cit. por Broswimmer F.
- Ehrlich, P., A. Erlich, *Earth*, Franklin Watts, Nueva York. 1987, cit. por Broswimmer, F.
- Fagan, B. M. *The journey from eden: The peopling of our world*. Thames and Hudson, Nueva York, 1990, cit. por Broswimmer F.
- Fang, J., Z. Xie, "Deforestation in preindustrial China: The Loess Plateau region as an example" *Chemosphere* 29, (5) 1994, cit. por Broswimmer F.
- Fisher-Kowalski y Haberl, *Metabolism and colonization: Modes of production and the physical Exchange between societies and nature*. *Innovation in social science*, 6 (4), Viena, 1993, cit. por Broswimmer F.
- Flannery, T. *Future eaters: An ecological history of australasian lands and people*, George Braziller, Nueva York, 1995, cit. por Broswimmer F.
- Gray, G. *Wildlife and people: The human dimension of wildlife ecology*, University of Illinois Press, 1993. p.21, cit. por Broswimmer F.
- Haile-Selassie, Y. *Late miocene hominids from the middle awash, Etiopia*, *Rev. Nature* 412, 2001, cit. por Broswimmer, F.
- Harris, M., *Caníbales y reyes*, Alianza, Madrid, 1997, cit. por Broswimmer F.
- Hughes, D. J. *Ripples in Clio's Pond: Mencius, Ecologist, Capitalism, Nature, socialism*, 8 (3), 1997, cit. por Broswimmer F.
- Macauley D, *Thinkers out of space: Hannah Arendt on eart alienation: A historical and critical perspective*. *Capitalism, Nature, Socialism*, 3 (4), 1992, cit. por Broswimmer F.
- Maser, C. *Global imperative, Harmonising Culture and Nature*, Stillpoint Publisher, Walpole, 1992, cit. por Broswimmer F.
- McPhee, R, *Digging Cuba: the lessons of the bones*, *Natural History*, 106 (11) dic.ene 1997, cit. por Broswimmer F.
- Meadows, D. H. D. L. Meadows y J. Randers, *Beyonds the limits: Confronting global collapse, Envisioning a sustainable future*, Chelsea Gresen Publishing Company, Post Mill, Vermont, 1992), cit. por Broswimmer F.
- Pimentel, D. *et al*, Economics and Environmental benefits of biodiversity, *Bioscience* 47 (11); 1997, cit por Broswimmer F.
- Price,D. *Energy and Human Evolution*. *Rev. Population and Environment*, 16 (4), 1995, cit. por Broswimmer F.

- Roberts, N. *The Holocen: an environmental history*, Basil Blackwell, Nueva York, 1992, cit. por Broswimmer F.
- SEDUE, *Listado de especies raras en peligro de extinción*. Diario Oficial de la federación, CDLII, 12, 7, 1991.
- Stanley, S. *Children of the ice age: How a global catastrophe allowed humans evolve*, Harmony Books, Nueva York, 1996, cit. por Brosweimer.
- Tattersall, I, *Hacia el ser humano*, Península, Barcelona, 1998 cit. por Brosweimer F.
- Tattersall, I. *The last neandertal, the rise, success, and mysterius extintion*, Westview press, Boulder y Oxford, 1999, cit. por Broswimmer F.
- Walker, A., P. Shipman, *The wisdom of the bones*. Alfred Knopf, Nueva York, 1996, cit. por Broswimmer F.
- Ward, P. D. *Rivers in time*, Columbia University Press, Nueva York, 2000, cit. por Broswimmer, F.
- Ward, P. D., *The end of evolution*, bantam Books, Nueva York, 1995, cit. por Broswimmer, F.
- Wilson, E. O. *La diversidad de la vida*, Ed. Crítica, Barcelona, 1994, cit. por Broswimmer, F.

Unidad 3

- Alexander, Peter, et al., *Biología*, Nueva jersey: Prentice Hall, 1992.
- Atlas de Ecología. Nuestro Planeta*. Madrid: Cultural de ediciones, s/f.
- Audesirk, T. y G. Audesirk, *Biología 3. Evolución y Ecología*. México: Prentice Hall, 1998.
- Bassol, B.A., *Recursos naturales de México. Teoría, conocimiento y uso*. México: Nuestro Tiempo, 1997.
- Batis, A. I., Carabias J., "Los Problemas Ambientales del Desarrollo en México", en Teresa West (coor.), *Ecología y Educación*, UNAM, México, 1992.
- Consejo Nacional de Fomento Educativo, *El desierto*, México: serie educación ambiental, 1994.
- Curtis, H. Barnes, N. Sue et al., *Biología*, España: Médica Panamericana, 2000.
- Enkerlin, Ernesto, et al. (eds.), *Vida, ambiente y desarrollo en el siglo XXI: lecciones y acciones*, México: Grupo Editorial Iberoamericano, 2000.
- Essenfeld, B.E. et al., *Biology*, California: Addison-Wesley, 1994.
- Flores, Julio, et al., *La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente*, Centro de Ecología y Desarrollo, México, 1995.
- Guzmán, Rafael y Carmen Anaya, *Educación Ambiental*, México: McGraw Hill, 2001.
- Mayr, Ernst, *Así es la Biología*, Madrid: Editorial Debate, 1998.

- Ondarza, Raúl N., *Ecología. El hombre y su ambiente*, México: Trillas, 1993.
- Oram, R.F., *Biology. Living Systems*, Ohio:Glencoe/Macmillan/McGraw Hill, 1994.
- Otto, J.H. y A. Towle, *Biología Moderna*, México: McGraw-Hill, 1995.
- Pérez, P.O. (1994). *Hacia una Educación Ambiental Participativa y gestionaría*, tesis de maestría, México, IPN.
- Pia, Maria y Alessandro Minelli, *La ballena y los animales del mar*, España: Everest, 1985.
- SEDUE-CESU-UNAM. *II Coloquio sobre Ecología y Educación Ambiental: La educación media en debate*, México, 1994.
- Sherman, Irwin W. y Vilia G. Sherman, *Biología. Perspectiva Humana*, México: McGraw-Hill, 1994.
- Turk, Amos, *et al.*, *Tratado de Ecología*, México: Interamericana, 1988.
- West, T. (coord...) "Del Homo Faber al Homo Sapiens Sapiens (?), al Homo... (¿)" en *Ecología y Educación: Elementos para el análisis de la dimensión ambiental en el currículum escolar*, México, UNAM-CESU, 1992.

Unidad 4

- Mc Kinney M. L. & Schoch R. M., *Environmental Science, Systems and solutions*. Jones and Bartlett Publishers, MA, 1998.
- Magaña Rueda V. O., *Cambio Climático*, Revista *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT vol.33, no. 210, pp.32-39, México, 2007.
- Sagan Carl, *Falta un pedazo de cielo*, en *Miles de Millones*, cap. 10, Barcelona, 1999.
- Zavala Hidalgo J. y Romero Centeno R., *Cambio climático, ¿qué sigue?* Revista *¿Cómo ves?* México: UNAM, Año 10, no. 109, 2007.
- Bird Lillian y José Molinelli, 2001. *El calentamiento global y sus consecuencias*. Disponible en <http://www.alianzageografica.org/leccioncalentglobal.pdf>
- SEMARNAT, *¿Qué se está haciendo en México para eliminar el uso de sustancias agotadoras a la capa de ozono?* en línea <http://sissao.semarnat.gob.mx/sissao/p13.htm>, 2005.
- Valverde, T. *et al.* *Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación, 2005.

Unidad 5

- Bassols B. A., *Recursos naturales de México*, México: Ed Nuestro Tiempo, México, 1997.
- Barkin, D., *Desarrollo regional y reorganización campesina*, ENI, México, 1978.
- Broszimmer F. J., *Ecocidio, Breve historia de la extinción en masa de las especies*, Ed Océano, México, 2005.

- Caneti, E., El suplicio de las moscas, Ed. Anaya-Muchnik, Madrid, 1994. cit. por Broswimmer
- Diamond J., El tercer chimpancé, Ed. Espasa-Calpe, Madrid, 1994. cit. por Broswimmer
- Dubos R.J., Un dios interior, Ed. Salvat, Barcelona, 1988, cit. por Broswimmer
- Tattersall I., Hacia el ser humano. Ed. Península, Barcelona, 1998. cit. por Broswimmer
- Wilson E. O., La diversidad de la vida, Ed. Crítica, Barcelona, 1994cit. por Broswimmer
- Ortiz M. F., Fernández I., Castillo A., Ortiz M. J., Bulle G. A. Tierra Profanada, Historia ambiental de México. INAH, SEDUE, SEP, México, 1987
- Bárcena M., El hombre prehistórico en México, XI Congreso Internacional de Americanistas, México, 1895. cit. por Ortiz M. F.
- Lechuga R., Las técnicas textiles en el México indígena., FONART, 1982. cit. por Ortiz M. F.
- Cué C. A., Historia Económica y Social de México (1521-1854), Trillas, México, 1983. cit. por Ortiz M. F.
- Andrade, A., La erosión en México, FCE, México, 1975 y 1980
- Correa P. G., Condiciones Ambientales de México, Revista Geográfica, 2001.
- _____, La situación ambiental de México, El bosque tropical y Quintana Roo, México, 1995 (inédito).
- FAO, La contaminación, un problema internacional para la pesca, FAO, Roma, 1979 y 1987.
- _____, Proteger y producir. Conservación del suelo para el desarrollo, FAO, Roma, 1984 y 1994.
- Leopold, A.S., Fauna silvestre de México, Pax, México, 1979.
- Medellín, L.F., La desertificación en México, IIZD, UASLP, México, 1978.
- Odum, E., Ecología: El Vínculo entre las Ciencias Naturales y Sociales, CECSA, México, 1980.
- PNUMA. Informe anual 1986, PNUMA, Nairobi, 1999.
- Rzedowski, J., Vegetación de México, Limusa, México, 1988. Cit. por Pérez C.
- Sánchez, V., Educación ambiental. El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas. FCE, México, 1997.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas, Ed. INCA Rural en coordinación COTECOCA, México, 1994, 1997.
- Vásquez, L. *Deterioro Ambiental*, México: CECSA, 1982.
- Vázquez, Y.C. y Orozco, S.A., La Destrucción de la Naturaleza, Ciencia desde México/83, SEP, FCE, CONACYT, México, 1996.
- Valverde T. *et al. Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación, 2005.

Unidad 6

- Arizpe L., Carabias, J., (1992), "México ante el cambio global", en Revista de Investigaciones Antropológicas. No. 3, 1992.
- López-Wilchis R. L. M. y colaboradores, (2003) *Mamíferos en Temas Selectos de Geografía de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México: Ed.Plaza y Valdéz, 2003.
- Martínez López A., *Fauna Silvestre en Atlas de los ecosistemas de Sinaloa*, Colegio de Sinaloa, 2003.
- Olea Héctor R, *Ecología Descriptiva de Sinaloa*, en Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, D.F., 1975.
- Reyna Trujillo T. *Biogeografía de Sinaloa*, en Cifuentes Lemus Juan Luis y Gaxiola López José, editores, *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*, El Colegio de Sinaloa, México, octubre de 2003.
- Sauceda López René y Gómez Soto Martha P., "La actividad agrícola y su impacto en el medio ambiente" en Cifuentes Lemus Juan Luis y Gaxiola López José, editores, *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*, El Colegio de Sinaloa, México, octubre de 2003, pp. 417-426.
- Enciclopedia de los municipios del Estado de Sinaloa y su medio físico. (<http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/sinaloa/medi.htm>)
- Gobierno del Estado de Sinaloa. (2008) *Ordenamiento Ecológico Costero del Estado de Sinaloa*, Secretaría de Desarrollo Social y Sustentable del estado de Sinaloa. (<http://laip.Sinaloa.gob.mx>)
- PRONATURA, (10 de enero del 2009) en Periódico Noroeste.
- Vidales Soto Nicolás, *Sinaloa un Estado con Historia*, edición secundaria, tercer grado. México: Ediciones castillo, 2003.

Unidad 7

- Karam Q.C., Beraud L.J.L., *Sinaloa y su ambiente. Visiones del presente y perspectivas*. Culiacán: Ed. UAS, 2003.
- Carmona Lara M. de C. *Derechos en relación con el medio ambiente*. Serie nuestros derechos. Cámara de diputados. LVIII Legislatura. México: UNAM, 2001.
- Guzmán, Rafael y Carmen Anaya, *Educación Ambiental*. México: McGraw Hill, 2001.
- Valverde, T. *et al. Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación, 2005.

Bibliografía de actividades de laboratorio

- Galindo U. A., Angulo R. A., Avendaño P. R., *Guía Didáctica para la Actividad Experimental de Biología*. Primer Semestre, Ediciones DGEP-UAS, 1999.
- Miller K., Levine J. *Biología III, Manual de Prácticas*. Universidad de Nuevo León. Ed Pearson, 2006.
- Angulo R. A., *Prácticas de Biología 2*. Ediciones DGEP-UAS, 1999.
- Angulo R. A., Galindo U. A., Avendaño P. R., *Guía Didáctica para la actividad experimental de Biología*. Ediciones DGEP-UAS, 2005.
- Pérez C. I. G., De la Cruz C., *Cuaderno de Actividades y Prácticas de Laboratorio*. Biología y Geología 3º. ESO.

Bibliografía de actividades de unidad

- Valverde, Teresa et al. *Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación, 2005.
- Rodríguez Ruiz, José Martín, Delgadillo Ceja, Maritza y Lepe Becerra José Lucas. *Educación ambiental*. México: Sima editores, 2002.
- Enkerlin, Ernesto, et al. (eds.), *Vida, ambiente y desarrollo en el siglo XXI: lecciones y acciones*. México: Grupo Editorial Iberoamericano, 2000.
- Paden, Mary, et al. (eds.), *Guía de Educación Ambiental sobre desarrollo sustentable*. México, Universidad de Guadalajara, 1994.

Procedencia de las ilustraciones

Unidad 1

- Figura 1.1 <http://www.visitingmexico.com.mx/blog/mexico-df-fue-reina-en-la-semana-santa.htm>
<http://universomarino.com/2010/05/07/la-fosa-de-puerto-rico-creadora-de-tsunamis/>
- Figura 1.2 tomada de Sarukhán, José y Dirzo, Rodolfo (Compiladores). México ante los retos de la biodiversidad.
- Figura 1.3 tomada de Cifuentes Lemus Juan Luis y Gaxiola López José (Editores). Atlas de los ecosistemas de Sinaloa.
- Figura 1.4 <http://www.fotomaf.com/blog/14/03/2008/tucan/>
<http://www.taringa.net/posts/mascotas/4502035/Maravillosa-Salamandra-Mexicana.html>
- Figura 1.5 <http://www.astrosurf.com/tiotuyin/Reptiles.htm>
<http://ishtachetan.blogspot.com/2010/03/la-iguana-verde.html>
<http://maderasyaceros.blogcindario.com/2008/08/00004-baja-california-sur-mexico-fauna-biotiquin-jafra.html>
<http://www.taringa.net/posts/mascotas/4502035/Maravillosa-Salamandra-Mexicana.html>
<http://www.fotolog.com/zzooflog/11390808>
<http://agaudi.wordpress.com/category/ciencia/page/54/>
- Figura 1.6 <http://usuarios.multimania.es/jcarrancoanaya/fourdescphotos.html>
- Figura 1.7 <http://www.fondospaisajes.net/tortuga-verde>
- Figura 1.8 <http://usuarios.multimania.es/jcarrancoanaya/fourdescphotos.html>

Unidad 2

- Figura 2.1 <http://www.layoutsparks.com/1/147670/jurassic-park-dinosaurs-jungle.html>
- Figura 2.2 http://ceipsanfrancisco-lalibretabien.blogspot.com/2010_09_01_archive.html
- Figura 2.3 <http://universomarino.com/2010/05/07/la-fosa-de-puerto-rico-creadoradetsunamis>
- Figura 2.4 http://1.bp.blogspot.com/_StYRwdf7QP4/Se_gT0k0BkI/AAAAAAAAA-K/cS5f-24PscoY/s400/osospolar.jpg
- Figura 2.5 <http://jardinera.net76.net/blog/?p=302>
- Figura 2.6 <http://picasaweb.google.com/lh/photo/6OEsx802IMVt3Y8auKVyPA>
- Figura 2.7 <http://media-2.web.britannica.com/eb-media/93/79493-004-AF8BCAAA.jpg>

- Figura 2.8 <http://web.educastur.princast.es/proyectos/grupotecne/archivos/investiga/112 cromagnon.jpg>.
- Figura 2.9 http://2.bp.blogspot.com/_KJ06WTiSDq0/SLeVDjReedI/AAAAAAAAABqA/R7kb8pppHO4/s400/007valltorta-caza.jpg
- Figura 2.10 http://josegamo.blogspot.com/2010_05_01_archive.html
- Figura 2.11 <http://dbpwtf.blogspot.com/2010/05/dbp-time-machine-9.html>
- Figura 2.12 <http://academia-nivel-a.blogspot.com/>
- Figura 2.13 http://farm4.static.flickr.com/3397/3422206348_f4f6fec57a_o.jpg
- Figura 2.14 <http://www.lesacacias.net/fotografia-215-arado-remolca-por-bueyes.html>
- Figura 2.15 <http://perso.wanadoo.es/alonsocano1601/Cano11/GRABADOS%20DE%20MATIN%20HEEMSKERCK.htm>
- Figura 2.16 <http://www.awesomestories.com/assets/acropolis>
- Figura 2.17 http://www.taringa.net/posts/info/2557822/La-verdadera-historia-tras-Equot_GladiadorEquot_.html
- Figura 2.18 http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://kayedacus.files.wordpress.com/2009/10/grand-canyon.jpg&imgrefurl=http://mobilephone4you.com.au/images/chaco-canyon-lodging.html&usg=__WxllrSgtweWlJvDZgvz_FdqzU2E=&h=960&w=1280&sz=359&hl=es&start=0&zoom=1&tbnid=Y3Dr5l1Au0a_kM:&tbnh=132&tbnw=196&prev=/images%3Fq%3Dca%25C3%25B1on%2Bdel%2Bchaco%26hl%3Des%26sa%3DX%26biw%3D1280%26bih%3D737%26gbv%3D2%26tbs%3Disch:1,isz:l,itp:photo&itbs=1&iact=rc&dur=383&ei=FaaNTO2KJI_QsAO7zJCbBA&oei=FaaNTO2KJI_QsAO7zJCbBA&esq=1&page=1&ndsp=25&ved=1t:429,r:5,s:0&tx=145&ty=96
- Figura 2.19 <http://travel.webshots.com/photo/2449871540011778759wRntpN>
- Figura 2.20 <http://analizarte.es/2006/07/20/verde-blanco-y-rojo/>
- Figura 2.21 <http://www.dreamdigitalphotography.com/html/galleries.html>
- Figura 2.22 http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Cuniculus_paca.jpg
- Figura 2.23 <http://www.gastronomiaycia.com/2008/06/01/greenpeace-advierte-de-serios-riesgos-de-contaminacion-genetica-del-maiz-mexicano/>
- Figura 2.24 <http://www.visibleearth.nasa.gov>
- Figura 2.25 <http://77perroslocos.blogspot.com/2010/05/frank-frazzetta-12052010.html>
- Figura 2.26 http://sp4.fotologs.net/photo/52/54/115/imperio_mexica/1166155100_f.jpg
- Figura 2.27 <http://kyapa.tripod.com/ingprehisp/incaterraces.jpg>
- Figura 2.28 http://www2.tap-ecosur.edu.mx/mip/fotos/lzote_en_flor.jpg
- Figura 2.29 http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://images.travelpod.com/users/kunzandwanner/1.1237832520.bootsfahrt-in-xochimilco.jpg&imgrefurl=http://www.travelpod.com/travel-photo/kunzandwanner/1/1237832520/boote-in-xochimilco.jpg/tpod.html&usg=__64liC5MIW5_nbV11Ab971A8ZXWM=&h=412&w=550&sz=88&hl=es&start=339&zoom=1&tbnid=c7nD_TCDVznW_M:&tbnh=161&tbnw=210&prev=/images%3Fq%3Dxochimilco%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26biw%3D1419%26bih%3D668%26tbs%3Disch:10%2C10675&um=1&itbs=1&biw=1419&bih=668&iact=rc&dur=405&ei=pending&oei=YGGvTN3XDsSAIAejdqzkDw&esq=2&page=20&ndsp=18&ved=1t:429,r:17,s:339&tx=104&ty=47

- Figura 2.30 http://baacab.uni.cc/img/henequen4_big.jpg
<http://www.elsalvador.com/hablemos/2004/060604/fotos/henequen5.JPG>
 Figura 2.31 http://www.portalminero.com/noti/c.php?cod_noti=5118
 Figura 2.32 <http://www.luxuriousmexico.com/wwwluxuriousmexico/Luxurious%20Mexico/Products/SpanishProducts/ChiapasESTuxtlaGutierrezEcoturismo.html>

Unidad 3

- Figuras 3.1, 3.16 y 3.26 tomadas de Curtis, H., Barnes, N. Sue et al., Biología.
 Figura 3.2 tomada de Oram, R.F., Biology. Living Systems.
 Figuras 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.14, 3.17, 3.18 y 3.19 tomadas de Essenfeld, B.E. et al., Biology.
 Figuras 3.12 y 3.13 tomadas de Atlas de Ecología. Nuestro Planeta.
 Figuras 3.15 tomada de Pia, Maria y Alessandro Minelli, La ballena y los animales del mar.
 Figuras 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 y 3.27 tomadas de Audesirk, T. y G. Audesirk, Biología 3. Evolución y Ecología.
 Figuras 3.25 <http://monimoni-moni.blogspot.com/2009/12/los-murcielagos.html>
 Figura 3.33 <http://soldadosolitario-mizaki.blogspot.com/>

Unidad 4

- Figura 4.1 www.taringa.net/posts/noticias/3273819/Gas-hilarante-amenaza-la-capade-ozono.html
 Figura 4.2 <http://2.bp.blogspot.com.../agujero-capade-ozono.jpg>
 Figura 4.3 tomada de Valverde, T. et. al. Ecología y Medio Ambiente.
 Figura 4.4 www.recursos.cnice.mec.es/.../img/contaminantes.jpg
 Figura 4.5 http://www.arrecifedecoral.com/blue_linckia_starfish1.jpg

Ilustraciones finales tomadas de:

- www.particuliers_edf_fr_
<http://www.albacity.org/ab/agua/como-ahorrar-agua.htm>
<http://elfer.blogia.com/temas>
<http://www.espyumbo.com/acueducto.htm>
<http://www.dforceblog.com/2009/12/13/casas-hechas-con-envases-reciclados/>
<http://www.bolsasecologicas.com.mx/>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Pacific_Beach_Bikes.jpg
<http://acapulcolimpio.com/?p=1829>

Unidad 5

- Figura 5.1 <http://lh3.ggpht.com/thortmenta/RoaBUcQD5nI/AAAAAAAAAo/RwVcsOO77bg/Tortuga.jpg>.

Figura 5.2 <http://sp.ideal.es/fotodenuncias/almeria/fotos/Salida%20de%20la%20depuradora%20roquetas.JPG>

Figura 5.3 <http://www.edufuturo.com/getIm.php?s=10366.N-7-2-100.jpg&x=155&y=155>

Figura 5.4 http://jolube.files.wordpress.com/2009/06/tala_pinus_uncinata_pnomp-2.jpg

Figura 5.5 http://www.vozdemichoacan.com.mx/secciones/pais/mariposa_monarca_00.jpg

Figura 5.6 <http://cocktailbisual.files.wordpress.com/2009/05/corte-de-lena.jpg>

Figura 5.7 http://www.ecologismo.com/wp-content/uploads/2009/04/deforestacion_cam bio_climatico.jpg.

Figura 5.8 http://farm3.static.flickr.com/2611/4013919507_155e82b600.jpg

Figura 5.9 <http://plantandsoil.unl.edu/croptechology2005/UserFiles/Image/sitelimages/GullyErosionPasture-NRCS-LG.jp>

Figura 5.10 Contraportada de la revista Ciencia Enero-Marzo 2010, volumen 61 No. 1.

Figura 5.11 <http://www.matcuer.unam.mx/~luis/Mis%20Webs/chapala-Jal.jpg>

Figura 5.12 http://farm4.static.flickr.com/3129/2617662148_f99f86745e.jpg

Figura 5.13 http://blufiles.storage.live.com/y1pUc0XnU5T_x5N77nCVHE15yOs64iHL8ubO9-aTByrUFLvxQ0zDqItGQZSsaW-xILs-CrMZe-EwJE

Figura 5.14 <http://www.fotografias.net/wp-content/uploads/aves.jpg>

Figura 5.15 <http://sinfoniafantastica.files.wordpress.com/2008/09/oilspill.jpg>

Figura 5.16 <http://s3.amazonaws.com/lcp/forestman/myfiles/jun07buitre2.jpg>

Figura 5.17 <http://urgentarchitecture.net/wp-content/themes/urgentarchitecture/images/6.4-mapa-biosfera+bosques.jpg>

Figura 5.18 <http://www.infojardin.com/fotos/albums/userpics/mammillaria%20hahniana2.jpg>

Figura 5.19 <http://www.fotos-flores.com/fondos-orquideas.htm>

<http://www.miambiente.com.mx>

<http://www.3.bp.blogspot.com>

<http://picsicio.us/keyword/el%20venado%20cola%20blanca/>

Figura 5.20 <http://www.vootar.com/a/Jaguar>

Figura 5.21 http://www.fondos-iphone.es/wp-content/uploads/2009/04/borrego_cimarron.jpg

Figura 5.22 <http://blog.educastur.es/medioambiente/>

Figura 5.23 <http://milenkithaxz.blogspot.com/2010/04/el-bisonte.html>

Figura 5.24 <http://www.fotonostra.com/albums/animales/wapiti.htm>

Figura 5.25 http://www.alaska-in-pictures.com/data/media/1/sea-otter_6042.jpg

Unidad 6:

Figura 6.1 y 6.2 tomadas de Vidales Soto Nicolas, Sinaloa un Estado con Historia.

Figura 6.3 y 6.5 tomadas de Cifuentes Lemus Juan Luis y Gaxiola López José (editores, Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa).

Figura 6.4 http://www.greenpeace.org/raw/image_full/espana/photosvideos/photos/vegetacion-en-las-dunas-delta

- Figura 6.6 http://www.insa.com/rancho-lobos/images/lobos/flora/datura_discolor.jpg
http://4.bp.blogspot.com/_jTm5VSfR3nU/S0etzfH1e5I/AAAAAAAAABIU/k1jxxVV26c4/s320/aguamarosa.jpg
<http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/foto-frutales/annona-muricata.jpg>
<http://www.delange.org/Candelilla/Dsc01454.jpg>
<http://www.viveroanones.com/vawebsite/Mamey%20Zapote%20abril%2005%20002.jpg>
<http://www.cusconaturista.com/wp-content/uploads/2009/12/U%C3%91A-DE-GATO.jpg>
- Figura 6.7 <http://www.jardineria.pro/wp-content/uploads/2009/09/amapola1.jpg>
<http://picaskitchen.blogspot.com/2010/03/espuma-de-lichis.html>
- Figura 6.8
<http://pikaia.files.wordpress.com/2007/10/jabali.jpg>
http://www.statesymbolsusa.org/IMAGES/South_Dakota/coyote_eastern_380.jpg
<http://www.outdooralabama.com/images/Image/jaguarundi1.jpg>
<http://web.educastur.princast.es/cp/apolinar/CURSO%2007-08/ACTIVIDADES/wnavelgas/images/tejon.jpg>
http://depts.washington.edu/natmap/photos/mammals/white-tailed_deer_5924np.jpg
http://www.sagan-gea.org/hojared_biodiversidad/paginas/ocelote2.jpeg
- Figura 6.9 <http://discurriendo.wikispaces.com/ranatoro>
<http://www.gatosyperros.net/anfibios/rana-leopardo-cuestiones-basicas-sobre-su-habitat/>
- Figura 6.10 http://3.bp.blogspot.com/_8yIS0P-REgl/SyFHF7DEL_I/AAAAAAAAAtg/lwhnGm3ROrM/s320/guacamaya+verde.jpg
http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_reinos/fauna/zenzontle/zenzontle1-1.jpg
<http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/images/patos-residentes04.jpg>
<http://lasmejoresrondallasdemexico.blogspot.com/2009/03/la-rondalla-cenzontle-20-aniversario.html>
<http://img440.imageshack.us/i/77074753lw4.png/>
- Figura 6.11 <http://www.animalesyanimales.com/wp-content/uploads/2009/04/carpintero-imperial.jpg>
<http://www.waza.org/es/zoo/seleccione-una-region/america-del-norte/aves/ave-de-rapina/ave-de-presas/gymnogyps-californianus>
<http://lavidaenelzoo.blogspot.com/2008/10/la-paloma-de-socorro-vuela-en-business.html>

Unidad 7:

Figura 7.1 tomada de Valverde, T. *et. al.* Ecología y Medio Ambiente.

Ecología y educación ambiental (Sexto semestre)
de Roberto C. Avendaño Palazuelos, Alma Rebeca Galindo
Uriarte y Amada Aleyda Angulo Rodriguez.

Se terminó de imprimir en el
mes de octubre del 2012, en los talleres de
SERVICIOS EDITORIALES ONCE RÍOS S.A. de C.V.,
Río Usumacinta No. 821, Tel.- 7 12 29-50
Col. Industrial Bravo, Culiacán, Sin.

Tiraje: 12,500 ejemplares.



Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias