

UNAM
FFL

MARTA CONCEPCIÓN CERVANTES RAMÍREZ[†]
ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ
MARÍA DEL CARMEN JUÁREZ GUTIÉRREZ
Coordinadoras

Geografía ambiental de México



JORNADAS

Geografía ambiental de México

JORNADAS

Marta Concepción Cervantes Ramírez[†]
Angélica Margarita Franco González
María del Carmen Juárez Gutiérrez
(Coordinadoras)

Geografía ambiental de México

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS DEL PERSONAL ACADÉMICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS DEL PERSONAL ACADÉMICO

La presente edición de *Geografía ambiental de México*, fue realizada en el marco del proyecto “Geografía ambiental de México”, PAPIME PE303707.

Primera edición: 2014
12 de noviembre de 2014

DR © 2014. UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
Avenida Universidad 3000, colonia
Universidad Nacional Autónoma
de México, C. U., delegación Coyoacán,
C. P. 04510, Distrito Federal

ISBN 978-607-02-6334-7

Prohibida la reproducción total o parcial
por cualquier medio sin autorización escrita
del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México

Agradecimientos

Agradecemos a la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, por facilitar el acceso a la información estadística, cartográfica y documental relacionada al estado actual de la biodiversidad, a las acciones institucionales para su conservación y a la apropiación de ella por parte de las comunidades.

Al licenciado Francisco Castillo Sánchez, por la elaboración cartográfica.

Al señor Juan Carlos del Olmo, por la elaboración cartográfica.

A la licenciada María Elena Cea Herrera por la corrección de estilo del texto.

Presentación

En el estudio del ambiente y de los recursos naturales del país existe un marcado interés porque se integren diversos enfoques del bio-espacio-mexicano, con una perspectiva inter y multidisciplinaria.

Se habla mucho de la interrelación sociedad-naturaleza y su problemática asociada con el deterioro ambiental, ésta ha sido analizada desde diferentes enfoques: el económico, urbano, ecológico e, incluso, filosófico, y desde el ámbito de la geografía su estudio corresponde a la geografía ambiental.

En la geografía ambiental es necesario utilizar un enfoque metodológico holístico, bajo una perspectiva sistemática que permita identificar los tres componentes esenciales del ambiente, objeto de estudio: naturales, socioeconómicos y culturales, los cuales se analizan por medio de indicadores y variables espacio-temporales.

La evaluación de los diversos componentes del ambiente mexicano, en un contexto integral, permitirá comprender la identidad de los lugares y hará posible determinar los conflictos ambientales nacionales.

En este libro se abordan, desde un punto de vista académico, los temas de geografía ambiental en México; en él se integran conocimientos teórico-metodológicos y documentales, enriquecidos con experiencias de trabajos de campo presentadas como estudios de caso en los que se analizan los ámbitos natural, social y cultural del país, en una forma sistémica en la que se evidencia la experiencia de los participantes del proyecto. El libro está compuesto por cinco unidades. En la primera se distinguen los fundamentos teóricos y contextuales espaciales de la geografía ambiental, y se considera a la geografía en los diferentes enfoques de la visión sistemática de la realidad, trasciende la complejidad tradicional en la reflexividad entre el ser y su entorno.

En la segunda unidad se analiza la interrelación población, recursos naturales y ambiente nacional, caracterizando a los recursos naturales en México, en cuanto a clima, ambiente terrestre, hidrológico y marino.

En la tercera unidad se muestra el deterioro ambiental de México, se realiza una valoración de los elementos aire, suelos y mares; de la pérdida de la biodiversidad, de los desechos sólidos, sus tipos, problemas y manejo, y de la vulnerabilidad ambiental.

La cuarta unidad hace referencia a la conservación de la naturaleza, explica cómo ha sido la interacción hombre-naturaleza y, a partir de ésta, cuáles son las amenazas actuales al ambiente y a la biodiversidad. Se plantean mecanismos y estrategias para la conservación, y alternativas para el uso sustentable de la biodiversidad.

La quinta unidad orienta sobre las posturas cognoscitivas de la educación y la gestión ambiental; cómo se maneja la gestión ambiental dentro del marco jurídico y a través de los organismos e instituciones, tanto nacionales como internacionales. Se enmarca el panorama de la participación social mediante organizaciones no gubernamentales y acciones independientes.

Cabe señalar que esta obra se hizo posible gracias al esfuerzo de los académicos de la Universidad Nacional Autónoma de México adscritos a la Facultad de Filosofía y Letras, particularmente del Colegio de Geografía y al Instituto de Geografía; así como de algunas instituciones externas. Del Colegio de Geografía participaron la doctora Marta Concepción Cervantes Ramírez (responsable), doctora Leticia Gómez Mendoza; los maestros José Manuel Espinosa Rodríguez, José Santos Morales Hernández y las maestras Angélica Margarita Franco González e Irma Edith Ugalde García. Del Instituto de Geografía, las doctoras María del Carmen Juárez Gutiérrez (corresponsable), Lilia Susana Padilla y Sotelo y María Teresa Sánchez Salazar. Del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, unidades Ciudad Universitaria y Mazatlán, las doctoras Elva Escobar Briones, Guadalupe Ponce-Vélez, Leticia Rosales Hoz, Ana Carolina Ruiz-Fernández, Patricia M. Valdespino, y los doctores Adolfo Gracia, Carlos Green Ruiz, Federico Páez Osuna, Martín F. Soto Jiménez, Alfonso Vázquez Botello, Martín Merino-Ibarra, Emiliano Monroy-Ríos, Jorge Ramírez-Zierold y Sergio Castillo.

De las instituciones externas, la doctora Ana María Luna Moliner, del Instituto de Filosofía del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba; los maestros Enrique Muñoz López y Claudia Aguilar Zúñiga de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio); el doctor Adán Guillermo Ramírez García, de la Universidad Autónoma de Chapingo, Dirección General de Investigación y Posgrado y el maestro Norberto Alatorre Monroy, del Colegio de Humanidades de Michoacán.

Este libro es resultado del proyecto “Geografía Ambiental de México”, cuya responsable y coordinadora fue la doctora Marta Concepción Cervantes Ramírez[†], con el auspicio del Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales de Mejoramiento para la Enseñanza (PAPIME).

Unidad 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONTEXTO ESPACIAL DE LA GEOGRAFÍA AMBIENTAL DE MÉXICO

Espacio geográfico

● MARÍA DEL CARMEN JUÁREZ GUTIÉRREZ

La geografía como ciencia espacial

Los seres humanos, al ocupar un entorno, se asientan y ejercen sus acciones transformando la naturaleza y dando lugar a una organización del espacio, lo cual supone un conocimiento práctico de él, por ello, la geografía es una disciplina que parte de la realidad y responde a las necesidades específicas del campo geográfico.

El espacio geográfico es un concepto teórico que se aplica al mundo objetivo, material y mental, en un orden de entenderlos y explicarlos en una herramienta teórica que indague las distintas dimensiones del espacio que interesan a la geografía (Ortega, 2000).

Dentro de la nueva definición de geografía, el objetivo es explicar las variaciones espaciales de los fenómenos sobre la superficie terrestre, como un espacio concreto, y los problemas que el geógrafo tiene que formular se dan a partir de la distribución de todo tipo de fenómenos sobre dicho espacio. De esta manera, cualquier fenómeno cuya distribución es cartografiable debe ser estudiado por la geografía, y su distribución espacial se puede explicar en relación con otras distribuciones espaciales de fenómenos asociados, por medio de alguna teoría que refleje su ocurrencia en el mundo real (Stoddard, 1982, citado por Delgado, 2003).

Por lo anterior, se establece que las distribuciones constituyen una estructura espacial abstracta y ordenada, cuya jerarquía debe explicarse en términos científicos.

Desde el punto de vista de la geografía cuantitativa, el espacio terrestre se aborda con la distribución y las asociaciones espaciales, la organización espacial, las estructuras espaciales y las regularidades en el espacio, que van a ser elementos de primer orden en los análisis

geográficos. En la distribución espacial de algún fenómeno deben de identificarse patrones de densidad y flujo, que marcan aspectos locacionales, y formar así una interacción espacial que dé lugar a formas geométricas como las redes, flujos y agrupaciones; estas configuraciones dan una funcionalidad al espacio geográfico, el cual es producto del razonamiento, el comportamiento y las necesidades de la población que condicionan los procesos espaciales; así como la organización y la estructura del espacio geográfico y unas maneras de cómo pueden ser identificados los lugares (Capel, 1983).

En este tipo de análisis espacial, el geógrafo debe tener un conocimiento amplio de la geometría de las redes y de la teoría de los grafos, las cuales permiten hacer comparaciones precisas entre la conectividad y la configuración de las redes geográficas, así como del dominio de medidas de centralidad, de dispersión de áreas y puntos y del análisis de vecindad (Ortega, *op. cit.*)

Además, se marca el interés por la forma de la distribución espacial de las localidades a partir de las relaciones relativas que se producen entre los diversos puntos del espacio y el modo en que se ubican los fenómenos sociales. Esto implica transferir teorías de otras disciplinas científicas que se presenten en forma clara, coherente y rigurosa por medio de las matemáticas.

También el espacio es una dimensión de las relaciones sociales, y la sociedad humana se desarrolla como espacio, ésta es una de sus formas o componentes. En los nuevos enfoques el espacio responde a la dimensión social y pasa a ser una construcción donde el aspecto físico queda integrado en el aspecto social, forma parte de una ideología espacial y de un discurso social. La naturaleza y la sociedad son dos formas de una misma naturaleza (Delgado, *op. cit.*)

Como concepto central de la geografía, el espacio se perfila como estructura derivada de la actividad social; la gente crea procesos espaciales para satisfacer sus necesidades y deseos, y estos procesos dan lugar a estructuras espaciales que influyen en la modificación de las causas geográficas, a su vez, es una noción vinculada con la dimensión espacial de la vida humana.

En el aspecto social la experiencia directa del proceso de cambio de la naturaleza es concebida como una acción de ordenamiento, tiene

relación con una actividad productora de objetos y de extensión, de amplitud, y surgen las relaciones espaciales.

Otra forma de analizar al espacio es la subjetividad, es el espacio vivido, donde la población expresa sus vivencias, tanto prácticas como mentales del espacio. Esta noción de espacio tiene más relación entre objetos y experiencia.

Identificaciones del espacio geográfico

El espacio es un término de amplio uso incorporado a diversas disciplinas, como la sociología, la economía, la antropología, las matemáticas, la política, la medicina y, desde luego, la geografía, entre otras; es un tema que adquiere cada vez mayor importancia en la teoría social.

Las ciencias que utilizan el espacio tienen en común la experiencia humana, que se traduce en nociones de carácter espacial, pero no lo conceptualizan. La geografía distingue la diferenciación que se establece en relación con los caracteres de los objetos o de su ubicación, y permite distinguir distintas entidades como el lugar, el territorio, el paisaje o la región.

Existe una sobreposición con otras disciplinas, esto es algo recurrente en la geografía, porque en su campo incorpora elementos de las ciencias físicas y sociales, lo cual no constituye un obstáculo epistemológico para la geografía, siempre y cuando se responda a una construcción de elementos en un sentido geográfico (Ortega, *op. cit.*)

El espacio geográfico es el objeto de estudio de la geografía, está formado por tres elementos que conjuntan un todo: el espacio natural o paisaje natural, el espacio económico y el espacio social. Su construcción se da por propuestas variadas, en función de los aspectos teórico y conceptual de la propia geografía (Mateo, *op. cit.*)

En la actualidad la discusión respecto al espacio es considerable, aunque no es suficiente y no sólo se da dentro de la geografía. Los especialistas de la teoría social ponen énfasis en la importancia de los aspectos espaciales de las manifestaciones sociales y de la realidad social, ellos reiteran la necesidad de construir un marco teórico ade-

cuado a los nuevos problemas. El espacio geográfico, según Mateo, *op. cit.*, se basa en los siguientes aspectos teóricos:

- Las estructuras y los procesos sociales, que se desarrollan a partir de la organización de la sociedad y las interrelaciones personales, se reflejan en el uso y gestión del espacio.
- Las estructuras espaciales son resultado de las construcciones sociales y de la relación entre los individuos que, a su vez, influyen y condicionan las formas de vida.
- El espacio ocupado por el hombre es producto de un modelado social, en función de las relaciones económico-sociales.

El espacio geográfico se define como “el conjunto de relaciones realizadas, de las funciones y de las formas que se presentan como testimonio de una historia escrita por los procesos del pasado y del presente”. Es decir, un conjunto de normas representativas de las relaciones sociales que ocurren en la realidad y que se manifiestan por medio de los procesos y funciones (Milton Santos, citado por Mateo, *op. cit.*)

El conocimiento del espacio geográfico, a través del tiempo, ha marcado las diferentes categorías del espacio, que son:

El espacio absoluto, del pensamiento corológico-regional.

El espacio vital, que surge del determinismo.

El espacio como género de vida, del pensamiento posibilista.

El espacio relativo de la geografía cuantitativa.

El espacio como experiencia.

El espacio como producción social de la geografía crítica.

La geografía asumió como referencia el espacio, fundamentalmente desde el punto de vista de la localización de objetos en contenidos espaciales. Esta ciencia tomó prestado el concepto de espacio absoluto de las ciencias físicas, y determinó que el espacio absoluto era una verdad sólida para el desarrollo y consolidación de ella (Ortega, *op. cit.*)

El espacio absoluto tiene existencia propia e independiente, es homogéneo y se manifiesta en su propia naturaleza, es donde están y se localizan los objetos. Estudia y describe las diferencias espaciales de

la superficie de la Tierra. Al ser espacio relacional, se presenta como un sistema de relaciones entre los objetos y su existencia. La idea de espacio objetivo se aplica al espacio físico y a la realidad social, contiene toda clase de objetos como cuerpos, herramientas y edificios, entre otros, y tiene también las características del espacio objetivo, que se pueden analizar como distribuciones, localizaciones relativas e interacciones, las cuales constituyen la espacialidad (Stoddart, 1982).

El espacio geográfico en la escuela *determinista* o *naturalista*, tiene un predominio del darwinismo, con influencia del ambientalismo; surge a mediados del siglo XIX y se presenta como un nuevo paradigma en el que se redefine a la geografía como ciencia espacial teórica y empírica, con énfasis en el orden espacial y en la búsqueda de leyes generales de la organización del espacio mediante un método científico naturalista. Esta visión considera una interacción vertical de todos los elementos de una área y una horizontal, entre las diferentes áreas. Un representante de esta escuela es Federico Ratzel, quien se ve imbuido por la biología darwiniana, en sus trabajos prioriza las relaciones hombre-medio, desde el punto de vista de las ciencias naturales, y acepta una influencia del medio físico sobre las actividades del hombre (Lossio, 1987).

Ese espacio vital, según observaba Ratzel, es el área geográfica dentro de la cual se desarrollan los organismos vivos, éstos tienen una relación entre el movimiento de la vida, que nunca reposa, y el espacio de la Tierra, que no crece; ambas presentan un contraste que causa la lucha por el espacio. Cada ser humano está sujeto a su espacio, y el que esté muy extendido o no, depende de sus propiedades vitales en la Tierra y en la vida. Ratzel también menciona que un amplio espacio sirve para conservar la vida (Capel, *op. cit.*)

Desde el punto de vista metodológico esta escuela determinista marca lo siguiente:

- Contacto directo con el objeto de estudio y observación muy aguda.
- Precisión y control del material recolectado, para su análisis, ya que va a servir como un modelo.
- Aplicación del método científico, midiendo regularidades estadísticas rigurosas en forma inductiva y, eventualmente, se utiliza la lógica matemática como ciencia deductiva.

- Las explicaciones son basadas en hipótesis, en función de los procesos humanos y de las condiciones naturales.
- En función de las regularidades encontradas, se dan leyes científicas.

En el concepto del espacio como *género de vida*, se menciona que los elementos del medio físico no son los factores que producen los resultados independientes de un momento histórico, sino las condiciones geográficas de las acciones humanas. Este planteamiento no acepta al espacio natural como objetivo primordial del análisis geográfico, éste es substituido por el espacio geográfico humanizado en sus muchas relaciones con el medio natural. Se habla de un espacio organizado socialmente.

Los postulados de esta escuela son:

- El hombre no es un agente pasivo, es activo y su acción es más profunda cuanto más avanzadas sean su cultura y su tecnología.
- Las situaciones naturales no son determinantes, sino condicionantes en el proceso de organización espacial, a la cual está ligada la evolución de la sociedad.
- El hombre escoge, dentro de las condiciones ofrecidas por el medio, las más favorables para su desenvolvimiento.
- Hace énfasis en el análisis de interrelación de los fenómenos espaciales.
- Las condiciones históricas tienen un significado bastante representativo en la evolución del medio geográfico.
- Hace énfasis sobre el análisis de interacción del mayor número de fenómenos en el espacio.
- Promueve el análisis interpretativo del paisaje o fisonomía regional.
- Destaca la importancia de la cartografía como técnica privilegiada de la investigación y de la reflexión sintética de las relaciones regionales.
- Se utiliza principalmente la metodología inductiva (Lossio, *op. cit.*).

En los años cincuentas, con la revolución cuantitativa, surge un nuevo paradigma, el espacio es considerado, por una parte, como un *espacio*

relativo vinculado a la superficie de la Tierra, con todas las variedades de la realidad y, por otra, como espacio abstracto señalado por la estructura espacial no visible (Peet, 1998, citado en Delgado, *op. cit.*) Esa visión del espacio se simplifica con la distancia entre los puntos, que permite medir regularidades espaciales; así cumple con el paradigma matemático que se establece en esta etapa de la geografía. De esta forma, la geografía busca explicar la variación espacial de los fenómenos sobre la superficie terrestre como un espacio concreto, y el geógrafo analiza la distribución de los fenómenos sobre dicho espacio (Stoddart, 1982, citado por Delgado, *op. cit.*)

Se basa en el positivismo de la lógica matemática, para alcanzar una teorización adecuada y una metodología más sólida; dentro de esta última, los datos tienen un procedimiento estadístico riguroso y se aplican modelos explicativos o de simulación para el análisis locacional, que es el objetivo fundamental de esta concepción.

En la geografía humanística se analiza el espacio a partir del conocimiento objetivo del mundo en el que viven las personas, o sea su experiencia, y el comportamiento de ellas en él; sobre todo se basa en la experiencia de las imágenes subjetivas de su entorno. Los conceptos clave son el lugar, el espacio y la experiencia. El lugar tiene significados en el vivir cotidiano de las personas. El espacio es abstracto y en él se localizan lugares y objetos que son experiencias directas de los habitantes a través de la movilidad espacial. Espacio y lugar son dos conceptos que se articulan y tienen que ser comprendidos en esta simbiosis (Delgado, *op. cit.*)

La experiencia es tanto sensación como pensamiento, en donde la gente, a través de las formas, construye su realidad, y esa experiencia involucra todos los sentidos.

El espacio como dimensión social es otra conceptualización que se da a partir del tejido social que crea a dicho espacio, y repercute en la interacción social. De acuerdo con estas ideas es importante comprender tanto el espacio social como la realidad relacional en sí misma, al igual que las relaciones entre el espacio social y el espacio objetivo, como realidad de su existencia, esta noción social del espacio es la más moderna producción teórica.

Esta posición tiene diferentes expresiones:

Espacio social subjetivo, en el cual la percepción parte de diversas vivencias directas, sensaciones, emociones e ideas espaciales en función de la propia experiencia; se relaciona con la conciencia individual y es una realidad mental o subjetiva.

Esta concepción del espacio se fundamenta en la filosofía fenomenológica; el atributo de este tipo de espacio es la conducta humana, producto de lo que la gente hace, piensa, estima y valora.

Muchos enfoques subjetivos del espacio tienen una orientación naturalista, porque lo abordan como espacio-medio, pues comparten una concepción geográfica de carácter ambiental, con la relación hombre-medio.

Una segunda expresión es el *espacio social y la producción del espacio*, en esta relación sociedad-espacio se afirma la prevalencia de lo social, y el espacio aparece como una dimensión de lo social, como una construcción humana. Se toma en cuenta la temporalidad y la condición histórica del espacio.

Henry Lefebvre, filósofo social (citado por Ortega, *op. cit.*), expone un discurso sobre el espacio, en donde menciona que el espacio físico, mental y social son una unidad teórica, que es en el espacio, como producto social, en el que se analizan los procesos de los que surge.

El concepto de producción del espacio lo utiliza Marx para elogiar la racionalidad de la actividad humana que se revela en la producción existente en cada etapa histórica que identifica la práctica social. El espacio social es el resultado de un proceso vinculado con el desarrollo de las fuerzas productivas y de las relaciones de producción. Lefebvre (citado por Unwin, *op. cit.*) expresa cuatro determinaciones de la producción del espacio:

1. El espacio natural está desapareciendo.
2. Todas las sociedades, y por ende todos los modos de producción, generan un espacio que es su propio espacio.
3. Si el espacio es un producto, el conocimiento de él debe reproducir y exponer el proceso de su producción.
4. Al introducirse en la historia se registra la temporalidad de la producción del espacio.

También Lefebvre menciona que el espacio social es un conjunto de errores, un complejo de ilusiones, que nunca puede olvidarse completamente que existe un sujeto general que actúa continuamente para mantener y reproducir sus propias condiciones de existencia, éste es el Estado, con sus cimientos en las clases sociales.

Para David Harvey, geógrafo inglés (citado por Delgado, *op. cit.*) la producción del espacio tiene las siguientes consideraciones:

1. El concepto espacio-tiempo es un producto de la sociedad moderna.
2. El espacio y el tiempo son construcciones sociales establecidas en la materialización del mundo, y son producto de las diversas formas del espacio y del tiempo que la población encuentra en su lucha por la supervivencia material.
3. Las concepciones de espacio y de tiempo dependen, indistintamente, del cúmulo cultural, a través del lenguaje y de sus creencias.
4. La construcción social del espacio y del tiempo actúa con la fuerza total de los hechos objetivos, a los que todos los individuos y las instituciones responden necesariamente.
5. Las definiciones sociales de espacio y tiempo objetivos están implicadas en procesos de reproducción social, en donde la representación del espacio y del tiempo orientan la práctica social en el sentido de asegurar el orden social.
6. La producción social del espacio y del tiempo es una plataforma de lucha política y de confrontación social en la que se involucran aspectos como las diferencias de clase, de género, culturales, religiosas y políticas, el complejo control social por el orden espacial, los desafíos del orden social por las transgresiones de los límites espaciales, los espacios simbólicos de los órdenes espaciales, etcétera.

Milton Santos (1985), geógrafo brasileño, menciona que la geografía tiene como objetivo principal el estudio del espacio; la esencia de éste es social, histórica y política, y tiene una posición dual, ya que participa por igual de lo social y de lo físico.

Visto así, el espacio es como una estructura a la que hay que analizar en su totalidad: los individuos, las firmas, las instituciones, el medio ecológico y las infraestructuras son los componentes que, distribuidos en el territorio, constituyen una configuración geográfica o espacial.

El espacio geográfico, como totalidad social, tiene categorías de análisis que son:

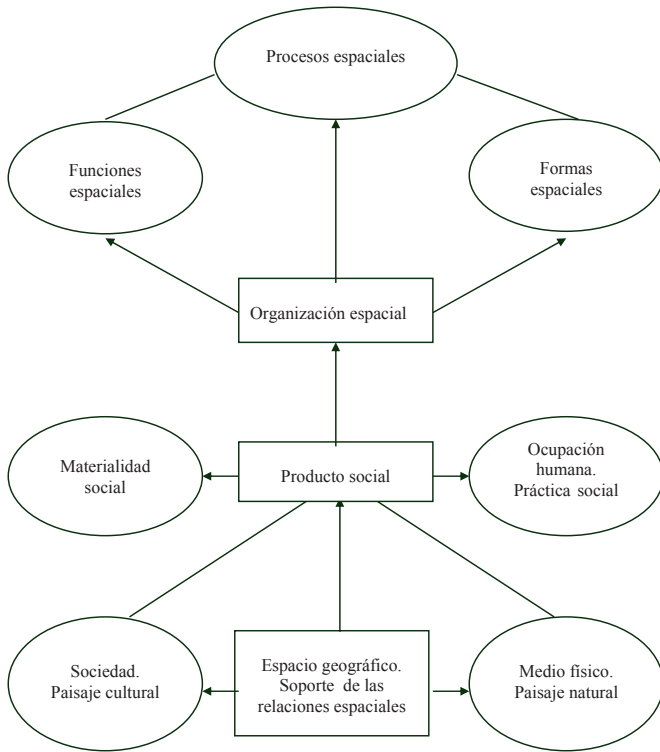
- La forma: es el aspecto visible exterior de un objeto o conjunto de objetos formado por un patrón espacial.
- La función: es la actividad que desempeña el objeto, a través de habitar, vivenciar y producir.
- La estructura social: es la naturaleza social y económica de una sociedad en un momento dado.
- Los procesos: están dados por una acción que se realiza de modo continuo, dirigida a la obtención de un cierto resultado, lo que enlaza tiempo y cambio.

Estas categorías, individualmente, representan realidades parciales y limitadas del mundo; en cambio, si se consideran en conjunto y relacionadas entre sí, constituyen la base teórica para analizar los fenómenos espaciales en su totalidad (Santos, 1996, citado en Mateo, *op. cit.*) [véase figura 1].

Conceptos del espacio geográfico

El término espacio se utilizó indistintamente por los geógrafos regionales como sinónimo de la superficie terrestre, en términos de lugar, región y territorio; así, el espacio varía en sinónimos que en realidad son alternativas.

La diferencia que se establece en el espacio geográfico está en relación con los caracteres de los objetos de estudio o de la ubicación que presentan y distinguen a entidades diferentes, como los sitios, los lugares, las regiones, el territorio.



Fuente: Elaborado con base en información de J. Mateo.

Figura 1. Concepción del espacio geográfico.

Los *lugares* y *sitios* tienen un sentido puntual y se les asigna una definición locativa, una condición estable e individual. Ambos tienen un carácter limitado (Ortega, *op. cit.*)

El espacio como medio natural

El medio es el entorno físico que equivale a las condiciones naturales, es el marco de las relaciones entre el hombre y la naturaleza, y constituye un concepto clave de la geografía actual, sólo que su dimensión

está en el aspecto de las relaciones. Así, el espacio se ve como objetivo, es activo y está presente.

El espacio geográfico se identifica con la naturaleza y con el concepto de medio físico o medio natural, así como también con el ambiente que identifica al complejo natural y es donde se desenvuelven los seres humanos. Las relaciones entre el hombre y su medio se convierten en el eje del conocimiento del espacio (*idem*).

El medio se identifica con otros objetos, como el paisaje y la región, los cuales constituyen las nuevas representaciones del espacio geográfico en el mismo contexto naturalista, y tienen una estrecha relación conceptual entre sí con el concepto básico de medio. Entre los siglos XIX y XX estas representaciones estuvieron vinculadas con los cambios culturales y teóricos.

El espacio como región

La región surge como una unidad de síntesis de la geografía, es en ella donde coinciden y se combinan los fenómenos físicos y humanos y también se pueden estudiar las interrelaciones entre ellos. Las regiones se conciben como entidades con una vida propia, como una especie de organismos vivos en donde se tenía que marcar el carácter esencial de las mismas. Esta concepción se vincula con una antigua línea de los estudios geográficos, como es la geografía especial (Capel, *op. cit.*)

Las bases de este concepto las fijó un alemán Von Richthofen, en el siglo XIX, en función de los aspectos metodológicos establecidos por Humboldt. Las razones que plantea son, que la geografía estudia las diferencias entre los fenómenos relacionados causalmente en distintas partes de la superficie terrestre. También menciona que el objetivo real de la geografía sistemática consiste en comprender las relaciones causales de los fenómenos en un área, idea que se expresa en principios aplicables a la interpretación de regiones concretas. Esto va en función de lo que afirma Alfred Hettner, acerca de que en el estudio regional de una amplia área es necesario estudiar sistemáticamente las variaciones en las características geográficas individuales (Unwin, *op. cit.*)

Otro lugar donde se desarrolla la geografía regional es en Francia, con Vidal de la Blache, él asociaba la región en las dimensiones humana y cultural; incorporó a la naturaleza como elemento dinámico de la geografía humana, y mencionaba que su trabajo científico era el de los lugares. Este planteamiento tiene tres conceptos clave, el medio, el género de vida y la circulación. El medio es la base de la superficie terrestre que tiende a uniformizar las variaciones culturales de un lugar. El género de vida son los estilos de vida de una región determinada, que reflejan la identidad económica, social ideológica y psicológica plasmadas en los paisajes. La circulación es el proceso perturbador mediante el cual se produce el contacto y el progreso humano entre las regiones. Para Vidal de la Blache el punto central de la geografía era la región, donde se podían estudiar, en forma conjunta, los fenómenos naturales y culturales, y cada región se contempla como una expresión única entre la interacción del hombre y el medio físico (*idem.*)

Así, la región es una noción espacial de la sociedad humana, el término se aplica en función de marcar límites a un ámbito, los cuales responden a cierta dimensión territorial. Es un área finita para delimitar el espacio, es un instrumento de diferenciación, por tanto, la región se reduce al criterio del usuario. El término región se aplica a ámbitos de homogeneidad, y tiene que ver con la diferenciación de la superficie terrestre en un número finito de áreas distintas. Como fundamento geográfico, la región es una noción aplicada a nuevos ámbitos, es una herramienta de representación geográfica (Ortega, *op. cit.*)

En función de lo anterior, la elaboración del primer concepto teórico de región geográfica es para la región natural, por la uniformidad de los aspectos físicos; así se identifica a la región natural con el medio físico y se convierte en la región geográfica, que constituye un concepto geográfico básico de la geografía ambiental de fines del siglo XIX y la primera cuarta parte del XX. Se define como regiones naturales a las unidades fisiográficas del relieve, del clima y de la vegetación. En el siglo XX se muestra una evolución del planteamiento de región natural que se enlaza con el de paisaje.

El concepto de región, en sus inicios, era naturalista, después el espacio geográfico fue concebido como ambiental, y más tarde la geografía se define como la ciencia de las relaciones medio-hombre y la

unión de las relaciones con la naturaleza, como principal factor explicativo que ayuda a entender el concepto de región como unidad del paisaje. De esta forma, el paisaje absorbe a la región natural y la transforma sin alterar su entidad original. Así, región y paisaje son complementarios (*idem*).

Los conceptos región y medio adquieren nuevos atributos, la región, como medio geográfico, se manifiesta como paisaje y se identifica por su paisaje.

El espacio regional es una combinación compleja de elementos entendidos como una agrupación. La región se define como una unidad territorial, tiene límites perceptibles de carácter objetivo; se le considera una realidad existente y un espacio distinto a todos los demás, que se manifiesta con una fisonomía propia. Una región compleja integra elementos físicos, abióticos y bióticos, y elementos sociales. Es el resultado del proceso de ocupación humana de un determinado espacio; el criterio que define este espacio regional es cultural. La región es el área de extensión de un paisaje, y está vinculada a la presencia histórica de una comunidad y a la relación de la comunidad con el medio físico. Esta relación de la comunidad con el entorno natural se traduce en un paisaje que tiene historia y forma.

El espacio como paisaje

Desde principios del siglo XIX, el paisaje se cristaliza en un objeto inherente a la investigación geográfica. Se basa en la combinación de los fenómenos de la superficie terrestre que se explican en diversos tipos de paisajes, esto es, en unas morfologías diferenciadas del territorio. Se concibe al paisaje como un escenario de las interacciones entre los diferentes elementos físicos y entre éstos y los grupos humanos. A la concepción paisajista le interesa el resultado material de estas interacciones. Por otra parte, cada región se traduce como un paisaje y éste se refleja en la diferenciación espacial (Capel, *op. cit.*)

El espacio natural, al ser observado en forma individual, se visualiza como un paisaje. El concepto de paisaje permite destacar los com-

ponentes visibles del espacio, y surge a partir del significado cultural que se adquiere en Alemania, con el término *Landschaft*. El espacio como paisaje tuvo importancia durante el periodo de la geografía clásica y se identifica más adelante con otro concepto clave del espacio geográfico que es la región.

El paisaje responde a una percepción o a la apariencia; es la imagen que presenta el espacio en un área, le otorga personalidad al espacio y le da una distinción. Se concibe como una totalidad, donde se conjugan elementos físicos y humanos en una dinámica.

Dentro de la geografía se insiste en el paisaje para identificar un objeto específico de estudio y diferenciarlo de los estudios ecológicos y de otras disciplinas que analizan a la superficie terrestre. A su vez, permite una unidad en la geografía, porque se toman en cuenta los aspectos físicos y humanos. Esa singularidad se debe al método para abordar estos trabajos, que se basaba en la observación directa y en la esencia de la descripción explicativa y la clasificación de los paisajes geográficos que resultan de la actuación de los elementos físicos y biológicos y de las actividades del hombre (*idem*).

El cambio conceptual del paisaje responde al contenido que le dan los geógrafos hasta hacerlo una entidad específica, ello tiene que ver con la organización de ese espacio que combina elementos naturales y humanos, los cuales constituyen una unidad de paisaje exclusiva y distinta, que tiene una identidad geográfica y se vincula con los hechos históricos de la población.

Entre los representantes del estudio del paisaje en Alemania está, además de Humboldt, Otto Schlüter, quien insiste en la noción de paisaje como objeto de estudio de la geografía y hace una distinción entre el paisaje cultural y el paisaje natural; Siegfried Passarge analizó los elementos naturales que componen al paisaje y la forma en que se agrupan, dando lugar a unidades jerarquizadas (*idem*).

En Francia Vidal de la Blache utilizó varias veces el término paisaje como idea de las relaciones entre los fenómenos físicos y biológicos. Un discípulo suyo, Jean Brunhes, incorpora el estudio del paisaje en su obra y lo hace la clave de su base teórica de la geografía humana (*idem*).

El espacio como territorio

El espacio como territorio se registra a partir de la concepción del espacio como un campo de poder y gestión; es el área comprendida bajo unos límites, donde se llevan a cabo los procesos articulados por las fuerzas políticas, económicas y culturales, a través de un desarrollo social proyectado en el espacio. En él se transforma la naturaleza, a partir del progreso socioeconómico y tecnológico; existe una delimitación del espacio geográfico, y los individuos la ven como su área de pertenencia, es decir, tiene un carácter territorial. Es un espacio finito, de acuerdo con los intereses de quienes lo habitan y utilizan, por lo tanto, tiene un criterio circunstancial (Mateo, *op. cit.*; Ortega *op. cit.*)

Atributos del espacio geográfico

- *Localización*: todos los objetos de estudio de la geografía se localizan en el espacio geográfico; la localización se puede definir por las coordenadas geográficas, por el emplazamiento, y también por su posición, que evoluciona en función de las relaciones que se establecen con respecto a otros puntos y otros espacios. Como espacio localizable también es cartografiable, lo cual permite situar los fenómenos y esquematizar los componentes del espacio de acuerdo con la escala elegida y con las referencias adoptadas (Dollfus, 1982).
- *Diferencia*: es una cualidad básica del espacio geográfico, ésta es una tradición geográfica y, a su vez, es una propuesta reciente de la geografía posmoderna. Esta noción es un fundamento de lo que se ha llamado “el espacio como diferencia”, y es determinante en los procesos sociales (Simonsen, citado en Ortega, *op. cit.*)
- *Extensión*: el espacio implica extensión, amplitud, distancia, la delimitación de un intervalo entre los objetos.
- *Relación*: se produce entre diversos puntos del espacio y la ubicación de los fenómenos, que conforman redes, flujos o agrupaciones, y se analizan desde la perspectiva de las relaciones espaciales (Delgado, *op. cit.*)

De acuerdo con Mateo (*op. cit.*), las relaciones geográficas son de varios tipos:

1. De proximidad, se basa en la distancia y la relación se expresa en forma analítica.
 2. De orientación, se asocia con el concepto de dirección.
 3. De exposición, si los objetos son visibles o accesibles.
 4. De adyacencia, depende de la condición de contacto.
 5. De inclusión, es el hecho que rodea o comprende a otro en todas direcciones.
 6. Coincidencia, es una relación común, se basa en que dos o más eventos comparten el mismo espacio en número de dimensiones.
 7. Conectividad, que se presenta por la conexión y el flujo.
 8. Agregación, es la dependencia de los objetos que forman un agregado espacial y están en estrecha vinculación unos con otros.
 9. Asociación, cuando los objetos asociados forman un evento emergente de nivel superior, con propiedades nuevas.
- *Organización del espacio*: se refiere a una concepción funcionalista del espacio y de la distribución y localización de los fenómenos sociales; a través de ella se forman procesos y estructuras espaciales.

Conclusión

Actualmente el espacio geográfico está en una discusión teórica intensa, no sólo en la geografía, sino también en otras ciencias sociales. En ellas se observa que el espacio es fundamental para explicar los fenómenos sociales, aunque se sigue dilucidando acerca de la fragmentación teórica del espacio, que da lugar a reemplazar las diferentes nociones que existen de él. Varios elementos son coincidentes, como la localización y la distribución de los objetos, tanto físicos como humanos y artificiales; o las relaciones e interacciones entre los objetos que forman un sistema y marcan la realidad de un espacio objetivo, dando lugar a la espacialidad.

Construcción del marco teórico de la geografía ambiental

● LILIA SUSANA PADILLA Y SOTELO
ANA MARÍA LUNA MOLINER

Para hacer referencia a la geografía ambiental se debe partir de tres premisas generales: la primera, es el saber geográfico. La concepción del hombre acerca de su mundo ha cambiado en el transcurso de las épocas históricas, variabilidad que se diversifica en los diferentes enfoques.

La segunda, está en que la cuestión ambiental emerge en la *contemporaneidad*, como efecto de la superación de los límites de recuperación de las bases naturales de las sociedades, efecto de múltiples problemas tecnológicos, ideológicos, políticos y sociales involucrados en la relación de la humanidad con la naturaleza, que se extiende por todo el mundo y a toda la humanidad.¹

La tercera, consiste en que la geografía ambiental no es una “nueva disciplina”, sino un campo estratégico que funde varias subdisciplinas e, incluso, se auxilia de las “ciencias ambientales” para abordar problemáticas inherentes a los sistemas naturales, sociales y de ideas, involucrados en los múltiples y diversos problemas que constituyen la cuestión ambiental. Esto permite deducir la importancia de la geografía dentro del concierto de las ciencias ambientales.

Tradicionalmente la geografía ha considerado la complejidad de su “objeto” al tratar, nada menos que toda una dimensión de la realidad,

¹ Al respecto Leff plantea: “Podemos identificar los problemas ambientales como resultado de los procesos de desarrollo en el marco de la modernidad. Como se mencionaba anteriormente, el desarrollo de la ciencia y la tecnología, como punta de lanza de las sociedades modernas, además de los muchos y variados beneficios, ha conllevado situaciones problemáticas, destaca, por su urgencia, la crisis ambiental”. (E. Leff, 1994.)

independientemente de las reducciones del campo de estudio del cual se trate. En los últimos años ha incorporado la complejidad del imaginario social, mediante las percepciones diferentes del espacio geográfico. La complejidad inherente a lo ambiental, más allá de la que siempre ha considerado la geografía en los diferentes enfoques de sus visiones sistémicas de la realidad, trasciende la complejidad tradicional en la reflexividad entre el ser y su entorno.

La crisis ambiental se considera “crisis del conocimiento parcelado y de las certidumbres de las ciencias duras que fundamentaron la civilización occidental” (Leff, 2000:9). La geografía participa en la indagación de los complejos problemas ambientales, entrecruzada con otros saberes. El pensamiento acerca de la complejidad de los problemas ambientales se concibe como “proceso de autoorganización de la materia que da lugar a la emergencia de una noosfera,² como una ética y una conciencia ecológica que vendrían a completar y a recomponer el mundo fragmentado, alienado, construido y heredado de esta civilización en crisis, a través de un pensamiento sistémico y complejo” (Morín, 1993:7).

La ventaja de la geografía para erigirse como ciencia ambiental se apoya en la propia esencia de la cuestión ambiental como emergencia resultante de las relaciones sinérgicas entre procesos donde interactúan elementos de diferentes subsistemas que comparten una localización geográfica (García, 1994:94), y que trascienden de las escalas locales a la región e, incluso, adquieren dimensiones biosféricas.

Así, la geografía interdisciplinaria concurre al nuevo campo de operaciones que resulta la transdisciplinaria problemática ambiental, donde necesariamente se hibrida con otras ciencias, disciplinas y saberes; dinamiza sus métodos en estrategias de “ataque” apropiadas a cada problema y activa enfoques necesarios, en función del ámbito en el que se perciba la emergencia del problema.

² Noosfera: esfera del conocimiento.

Antecedentes de la geografía ambiental

El devenir de las ideas sobre el mundo y el advenimiento del pensamiento geográfico

Desde la Antigüedad los saberes del hombre sobre sí mismo, su universo y la esencia de su existencia han estado conectados con su modo de ser y de satisfacer sus necesidades, la unidad entre el ser y el pensar. La humanidad, desde sus inicios, comenzó a transformar el medio geográfico mediante la actividad agrícola que reemplazó a la caza y la recolección para la alimentación de los seres humanos. El desarrollo de las diferentes civilizaciones ha estado condicionado por el medio geográfico. Todas las civilizaciones tienen una concepción propia de sus orígenes, cosmovisión que las vincula con las condiciones de su medio geográfico. Ello explica el desenvolvimiento de racionalidades diferentes.

La agricultura, actividad con la que los humanos iniciaron la transformación del espacio es, a la vez, la que más espacio ocupa actualmente (De Souza, 1990:174). La agricultura organizó el trabajo social, la propiedad y generó riqueza. La organización política y de gobierno estaba en función de garantizar el bienestar del pueblo sobre la base de producciones agrícolas.

Las transformaciones agrícolas del medio geográfico se iniciaron, de manera diacrónica, en Eurasia aproximadamente 10 000 años a. C. y en América 4 000 años a. C., con grandes diferencias entre las culturas “del trigo” o “del maíz”, “de la yuca” o “de la papa” (Vitale, 1984:31). Durante la Antigüedad la actividad transformadora del medio por el hombre se supeditó, de manera armónica, a los ritmos y límites impuestos por la naturaleza.

El asentamiento de la población humana y el sistema de interrelaciones económicas que entraña, ocupa el segundo lugar entre las actividades modificadoras del medio geográfico. En la Antigüedad el establecimiento del sistema de ciudades y de caminos o vías entre éstas fue una importante modificación del medio, por cuanto influyó en el sentido del espacio. La configuración de medio geográfico urbano resultó

un elemento superior en las interrelaciones sociales humanas y de éstas con su medio.

Durante la fase de desarrollo independiente de todas las civilizaciones de la Tierra se gestaron sobre las cosmogonías correspondientes, las relaciones de los seres humanos con el resto de la naturaleza, las ideas sobre el espacio que hoy aportan a la reconstrucción del conocimiento que requiere el saber ambiental.

En el pensamiento antiguo las explicaciones del mundo, míticas, especulativas o sobrenaturales, concebían a la naturaleza como unidad, y su diversidad, resultado de las transformaciones substanciales. Tales de Mileto (639-547 a. C.) concibió al agua como el principio material universal. El devenir de la transformación del medio, inicialmente el espacio dedicado a la actividad agrícola, y los sistemas de asentamiento, estuvieron entre las condicionantes sociales del origen del “pensamiento racional”.

Aristóteles (384-322 a. C.) definió al espacio como “continente universal de los cuerpos físicos, homogéneo, isotrópico, continuo, infinito, tridimensional y homoloidal” y, a la vez, como campo en el que las cosas son particularizaciones, el “lugar de cada cosa”, diferenciación que fue esencial para el devenir del pensamiento geográfico.

Eratóstenes (284-192 a. C.) llamó por primera vez a la “geografía”, como saber geográfico, la descripción de la Tierra, el conocimiento de sus dimensiones espaciales; aplicó sus conocimientos de trigonometría a la medición de la Tierra.

Estrabón (63 a. C.-24 d.C.) describió, en 17 libros, lugares de Asia y África.

La Edad Media, entre los siglos IX y XIII, borró la diferencia entre el saber filosófico y el religioso; incluso “los mapas del mundo se convirtieron en una distorsión irreal del mundo hasta entonces conocido” (Fisher, 1992:5). Al mismo tiempo, en el Oriente Medio ocurrió un “periodo de oro” de la civilización árabe en el cual se desarrolló el legado del pensamiento geográfico de los griegos y los romanos, diferenciando la fe de la razón y el conocimiento. En el pensamiento geográfico árabe estuvo presente el interés por los “procesos físicos” en la observación y explicación del transcurso de procesos de orogénesis y erosión expuestos por Avicena [980-1037] (Fisher, *op. cit.*:5),

así como las descripciones de viajes al “mundo árabe” del norte de África y el sudeste de Asia de Ibn Batuta (1304-1368).

La escolástica feudal no desarrolló el pensamiento sobre el espacio, pero el régimen feudal implicó la acumulación de capitales en manos de los señores mediante el cobro de las rentas —la principal relación económica de esta época—, reconfigurando su estructura y su espacio en función de las relaciones de mercado en Europa y en la cuenca del Mediterráneo no europeo. Su sistema productivo de campo abierto comunal alrededor de las villas en que se asentó la población, y algunas innovaciones tecnológicas como el arado profundo, facilitaron la asimilación económica de tierras arcillosas y suelos, aumentando las tierras agrícolas y disminuyendo áreas boscosas originales del oeste de Europa (De Souza, *op. cit.*:175); modificaciones que, desde el punto de vista económico, trascendieron lo espacial y lo tecnológico del entorno, con ellas cambió también el modo de relación con la naturaleza.

La articulación del sistema mundial y el devenir del pensamiento geográfico

Después de 1492 la articulación a la economía mundo-europea marcó, en América, rupturas en las concepciones acerca de la Tierra, de los sistemas de saber indígenas —que, de múltiples maneras contienen el sentido ético de convivencia con la madre-tierra y del espacio habitado como “sagrado”—,³ en función de la imposición de las creencias de los nuevos centros de poder. Al efecto del poder se establecieron configuraciones espaciales, disminuyeron áreas de bosques y se definieron áreas de actividad agrícola y ganadera y localizaciones mineras.

³ Gómez expresa “La mayoría de las culturas indias de América cuentan con una geografía sagrada”, y cita a Night y Rodríguez, 1995: “Hay indicaciones en el sentido de que la relación religiosa de un grupo con su medio ambiente obedece, también, a necesidades de adaptación ecológica. La Tierra, en sí misma, se convierte en parte de la identidad étnica del grupo, y las sanciones religiosas regulan la utilización de los recursos. Esta fusión de identidad con el territorio es característica de las antiguas comunidades”. (M. Gómez, 2000: 262.)

El pensamiento del Renacimiento, hacia el siglo XVI, redimensionó las ideas aristotélicas sobre el universo, la naturaleza y la concepción del hombre como parte de ésta en el mundo cristiano.

La expansión del comercio reveló los relatos y descripciones geográficas de viajeros medievales, Marco Polo, Mandeville, los frailes viajeros Odérico, Juan de Piano Carpinni y otros viajeros, en busca de nuevos mercados, cambiaron la visión del mundo. Las nuevas tecnologías como la imprenta de Gutenberg u otras recién asimiladas del oriente como la pólvora o la brújula, reabrieron nuevos ámbitos al conocimiento geográfico.

“La percepción del espacio terrestre en el mundo occidental estaba pasando por una dirección contraria a la infinitud. Para la mayoría de la gente, con los viajes de descubrimiento la Tierra llegó a cerrarse en su forma esférica, sin embargo, la finitud de la Tierra sirvió para revelar la existencia de nuevos “lugares que explorar y dónde explotar nuevos recursos para hacer realidad las aspiraciones de dominio de nuevos mercados, de nuevos espacios” (Wallerstein, 1993:6). Las ideas del hombre sobre el espacio oscilaron entre la noción de la esfericidad terrestre comprobada con los viajes de descubrimiento y circunnavegación, y la infinitud del sistema de galaxias propuesto por Immanuel Kant (1724-1804), al conocimiento racional de las dimensiones espacio temporales de los hechos y fenómenos y el razonamiento de las relaciones causales y necesarias entre los objetos y entre los hechos y fenómenos de la realidad.

Devinieron escisiones en la antigua concepción del espacio como totalidad, la más importante de todas fue aquella que configuró a la geografía como disciplina científica, a partir de la preponderancia del pensamiento moderno occidental. En el siglo XVII la burguesía, clase social emergente en la época de descomposición del sistema feudal, comenzó a pensar, con fe absoluta, en la razón de ser de los seres humanos, la llamada “visión clásica de las ciencias” se fundamentó, desde entonces, sobre dos premisas:

1. El modelo newtoniano el cual se propone “alcanzar certezas eternas basadas en el mecanicismo y la desestimación del tiempo”.

2. El dualismo cartesiano, cuyos principios son la separación entre el espacio y el tiempo, la suposición de una distinción fundamental entre la naturaleza y la humanidad, entre la materia y la mente, entre el mundo físico y el social, entre el mundo objetivo y el subjetivo, y entre el mundo material y el espiritual.

Según Wallerstein (*op. cit.*:4 y 5) “en el siglo XVII la ciencia se definió como la búsqueda de leyes naturales que se mantenían en todo tiempo y espacio”.

La dicotomía mutuamente excluyente entre lo natural y lo social ha sido fuente de nuevas disyunciones en el conocimiento y en las bases de la ciencia occidental, que propendieron a la posterior superación de la capacidad de sustentación natural de los sistemas sociales. El pensamiento geográfico occidental reexaminó la separación de los elementos componentes de la naturaleza, para profundizar en su observación, tendió a aislarlos y considerarlos supuestamente “estables” como “objetos de estudio”, objetos del conocimiento de las diferentes “disciplinas científicas”... El hombre se vio separado de los elementos de la naturaleza y se erigió como ente aislado, apartado de lo natural. Así apareció la dicotomía naturaleza-sociedad.

Tomando como base el *Árbol del Conocimiento Humano* de Francis Bacon, y sobre el *Discurso* de Descartes, el enciclopedismo, en su “sistema figurativo de organización del conocimiento humano”, presentó a la geografía entre las ciencias naturales (no entre las del hombre), como comprensión, razón sobre la metafísica de los cuerpos, física general, entendimiento de la impenetrabilidad del movimiento y de la vida, como parte de la astronomía geométrica, como una ciencia natural de orden matemático puro. Éste fue un momento importante de escisión disciplinar para la geografía, pero limitada a las leyes de la física mecánica, de modo determinista y mecanicista. El pensamiento social humanista de la Ilustración influyó, con posterioridad, en la gestación de un pensamiento social utópico, que fundamentó desarrollos posteriores de la geografía en el pensamiento filosófico latinoamericano (Moncada, 2003).

El sistema de pensamiento de Immanuel Kant anunció la subdivisión de la geografía, a partir de la geografía física; “el momento que marcó el

cambio en el desarrollo de la ciencia geográfica fue el siglo XVIII” (Saladino, 2003:11). Entre su crítica de la razón pura y los prolegómenos se anidan los fundamentos del conocimiento de la espacialidad y temporalidad de los fenómenos.

En 1798 el economista británico Thomas Malthus reveló el crecimiento geométrico de la población humana, en contradicción con el aritmético de los abastos alimentarios, y sus catastróficas consecuencias: hambrunas, pobreza y el colapso de los sistemas sociales y económicos (Cutter, 1985:73). En el pensamiento de la época se relacionó directamente la escasez de recursos con el aumento de población.

Progreso, descubrimiento, unidad, simplicidad, dominio, fueron palabras clave en esos momentos. El progreso en los asuntos humanos por medio del avance tecnológico dependió del conocimiento del mundo; de la descripción de los lugares como totalidades, se avanzó en las profundizaciones de las particularidades dadas por la complejización del mundo. Bajo el efecto de la Revolución Industrial y del *capitalismo*,⁴ la espacialidad de los fenómenos humanos fue adquiriendo importancia en el sentido de distancias, mercados, cartografías de accesos o relaciones políticas, dividiéndose paulatinamente en subdisciplinas, según se profundizara en las relaciones espaciales de diferentes “objetos” y “fenómenos”.

La gestación de la cuestión ambiental contemporánea se remonta a los inicios del progreso de la época moderna, con la Revolución Industrial del siglo XVIII, a partir de dos fallos fundamentales en los ámbitos del saber y del poder: la absolutización del conocimiento científico como único cierto y la creencia de que la ciencia aportaría las bases de certidumbre y predicciones suficientes para controlar la naturaleza y la realidad, asegurando una eficiente relación entre los medios “científicamente fundamentados” para la transformación del medio geográfico”, la “explotación de los recursos de la naturaleza”.

⁴ El inicio de las manufacturas fue un hito en el modo de transformar el medio geográfico. La adquisición de manufacturas en los feudos intensificó el valor del dinero y del sistema de obligaciones de siervos, de la gleba, aparece de esta forma en el mercado la mano de obra alienada, ajena a la tierra que pasó a ser recurso, medio de producción de capital. A. R. de Souza (*op. cit.*: 174), marca una segunda revolución agrícola: la orientación de la agricultura al mercado, en 1650, que trascendió hasta las ideas geográficas.

La cuestión ambiental es, por tanto, resultado de una relación inarmónica sustentada en el sesgo del saber y el poder que se gesta en la modernidad y emerge con toda fuerza en la época contemporánea, como consecuencia de la superación de los límites de recuperación de las bases naturales de las sociedades, efecto de múltiples problemas tecnológicos, ideológicos, políticos y sociales involucrados en la relación de la humanidad con la naturaleza, que se extiende por todo el mundo y a toda la humanidad, con lo cual se arriba a la segunda premisa de la construcción del marco teórico para la geografía ambiental.

Durante los años transcurridos entre la segunda mitad del siglo XVIII, en que la Revolución Industrial marcó el inicio de la época moderna y los finales del milenio anterior, el cambio en los sistemas de ideas sociales, el desarrollo del capital comercial y sus ideas económicas del modo de producción capitalista con las revoluciones agrícolas, marcó un cambio de época radical. La ciencia de la modernidad capitalista advino como fuerza productiva separada del auténtico saber de adaptación de las antiguas culturas, ya que su tarea principal fue la transformación de la naturaleza para los fines del capital, lo cual conllevó la desfiguración de las relaciones del entorno humano en términos del establecimiento de jerarquías de poder, tanto en las relaciones con los subsistemas naturales, como en las relaciones de los hombres entre sí mismos.

La geografía avanzó más allá de las descripciones o “estudios de viajeros” a la explicación causal de las interrelaciones entre los componentes del medio geográfico, con vistas a asegurar el poder por la vía del conocimiento. Se constituyó e instituyó una disciplina cuyo carácter de ciencia particular aún se cuestiona, al ofrecer generalizaciones sintéticas de los parciales componentes físicos naturales y sociales que integran la totalidad del medio geográfico.

En la época moderna, a partir del siglo XIX, la profundización paulatina del conocimiento de la “realidad objetiva”, basada en la obtención de datos cuantitativos medibles, condicionó la escisión subdisciplinar temática en aras de la científicidad positivista.

La aparición de la ciencia como actividad específica de producción de conocimientos que sostendrían la producción de bienes y servicios con valor, mediante su introducción a la práctica tecnológica, motivó el surgimiento de nuevos actores y sujetos sociales; aparecen el científico,

el técnico, el ingeniero, como sujetos de la nueva producción científica, mediante el dominio de los conocimientos científicos y como fuerza productiva separada del auténtico saber de adaptación de las antiguas culturas, ya que su tarea principal es la transformación de la naturaleza para los fines del capital.

La ciencia de la modernidad pasa a regir el desarrollo mediante el poder del saber científico, apoyado por el poder económico que le financia el equipamiento, el salario y las localizaciones y, dentro de ella, se incluye la geografía como un saber estratégico que garantiza el poder y cuyos orígenes se gestaron en varios centros de creación en el mundo, pero que fueron “reabsorbidos por el *mainstream* occidental” (Berdoulay y Mendoza 2003:10).⁵

Los sistemas de ideas que fueron en un inicio fuentes y partes integrantes de la teoría social crítica del capitalismo, originadas en diferentes “lugares” en virtud de la idiosincrasia cultural, dieron también origen a los principales enfoques geográficos de esa época, de acuerdo con los intereses del poder.

La geografía alemana, precedente en las clasificaciones kantianas de las ciencias, avanzó sobre las bases filosóficas en la interrelación estrecha de los condicionantes naturales con lo humano. Humboldt hizo una geografía empírica, descriptiva y explicativa de la naturaleza, las economías, las relaciones sociales y el sistema político de las colonias hispanas en América. Karl Ritter enunció el concepto de medio geográfico, que fue paradigmático para la geografía desde entonces. Karl Ratzel incorporó ideas evolucionistas al estudio geográfico (Hiernaux-Nicolás 2003:279) el cual sustenta diversas modalidades de darwinismo social en su antropogeografía, cuyos planteamientos esenciales fueron relegados en función de su aplicación al fundamento de nefastas ideas de poder sobre la vida humana.

La geografía locacional anglosajona debe mucho de su desarrollo a la economía política inglesa; los enfoques locacionales priorizan el criterio de eficiencia económica sobre el resto de las posibles causales.

⁵ V. Berdoulay y H. Mendoza. *Mainstream*: anglicismo que significa corriente principal y se utiliza para designar los pensamientos, gustos o preferencias aceptados mayoritariamente en una sociedad.

La geografía regional francesa y sus definiciones de “tipos humanos” se convirtieron en un paradigma de las geografías sintéticas explicativas de regiones-unidades espaciales “homogéneas”, condicionantes de “tipos sociales humanos”, resultados ambos de las interacciones mutuas como paisaje cultural (Mateo, *op. cit.*:1).⁶

La segunda mitad del siglo XIX fue fundamental desde el punto de vista de los desarrollos teóricos; en 1869 el biólogo Ernest Haeckel acuñó el término *ecología*, trascendental para el desarrollo posterior del pensamiento ambiental (citado por Hiernaux, *op. cit.*:271). La formidable evolución del conocimiento del mundo y de los instrumentos técnicos puestos a disposición del geógrafo, hacen parecer vanos e inútiles todos los esfuerzos de reconstrucción de sus orígenes decimonónicos, pero son indispensables para conocer la historia de los cambios en la geografía hasta su consideración como una de las disciplinas que se conciertan en las ciencias ambientales.

Los geógrafos comenzaron a realizar encuentros internacionales desde 1871, en Amberes, y en los inicios, en el siglo XX, la que se estableció más adelante en 1922 como la Unión Geográfica Internacional, constituyendo un cambio contemporáneo en la institucionalidad de la geografía, que impulsó fuertemente los estudios de geografía de la población durante todo el ciclo, hasta llegar a darle importancia también a los estudios relacionados con el ambiente.

Eliseo Reclus acepta la idea de la evolución en el medio geográfico, enriqueciéndola: “la evolución es el movimiento infinito de todo lo que existe, la transformación incesante del universo y todas sus partes, desde los orígenes eternos y durante la infinidad de las edades” cuando los antiguos marcos de referencia, las formas demasiado limitadas del organismo se han vuelto ineficientes, la vida se desplaza para realizarse en una formación nueva. Una revolución tiene lugar, la evolución y la revolución sucediéndose inmediatamente, del deseo al hecho, de la idea a la realización, se confunden en un mismo fenómeno. Es así como funciona la vida de un organismo sano, el de un hombre o de un

⁶ El paisaje es la fisonomía, la morfología o la expresión formal del espacio y de los territorios, y refleja la visión que la población tiene sobre su entorno. Se considera como un grupo de formas de los objetos y elementos que definen a un espacio geográfico.

mundo (Reclus 1906:205). La idea central de su obra póstuma *El hombre y la Tierra*, publicada en 1906, afirma: “el hombre es la naturaleza tomando conciencia de ella misma”.

En menos de cien años la visión del mundo ha cambiado radicalmente, se ha ampliado al infinito, más allá del espacio y el tiempo. El espacio infinito no es uniforme y el tiempo indefinido no es lineal; el uno y el otro son también complejos.

*El siglo XX y la emergencia de la cuestión ambiental:
una visión geográfica integradora*

La geografía se diferenció de las otras ciencias por estar orientada a la búsqueda de datos sobre la espacialidad de la naturaleza, de la sociedad y también de las culturas. Incorporada al proceso de la vida social, se convirtió en una disciplina dirigida a la adquisición de conocimientos sobre la realidad, que incluye las condiciones y elementos necesarios, el equipamiento, los científicos, la institucionalidad, los métodos, los aparatos categoriales y los conceptos, los sistemas de información científica y toda la base de conocimientos existente previamente, que constituyen sus premisas.

La geografía ha sido clasificada de muchos modos, siempre en función de los sujetos de las clasificaciones. Aparece como integración sintética de muchos campos de estudio, tanto físicos (geomorfología, meteorología, biología, edafología) como humanos (geografía de la población, histórica, económica, política y cultural); cada una de estas clasificaciones, auxiliada por otras.

Durante el siglo XX se aprecian en la geografía tres enfoques fundamentales en la aplicación de los intereses cognoscitivos:

1. El enfoque locacional, visión del modo en que los “objetos y fenómenos” de la realidad se organizan en el espacio geográfico con todas sus limitaciones economicistas y tecnologistas, incluso reducciones, mediciones y distancias, de las cuales no se puede prescindir.

2. El enfoque regional, con todas sus limitaciones para la visión de las causalidades económicas y sociales presentes en la configuración del paisaje cultural.
3. El enfoque holístico, con estudios de las interrelaciones entre las sociedades humanas y su entorno físico natural o construido por el hombre, entendido como medio geográfico.

Esta caracterización de tres enfoques concuerda con la propuesta de Pattison (1964: 211-216),⁷ que puede ser subsumida en dicha caracterización.

A finales del siglo XX surgen necesidades en las perspectivas del conocimiento: a partir de la imposibilidad de estudiar una problemática como la ambiental, que presenta patrones de similitud transescalar entre problemas de contaminación y eutrofización, por lo general locales, se hace necesario el enfoque sistémico holístico de la cuestión ambiental. En este sentido, la posibilidad de generalización geográfica a través de las escalas de trabajo ha sido fundamental para el avance ventajoso de la geografía sobre los antecedentes teóricos, jerárquicos y metodológicos del pensamiento geográfico, entre otros, la noción de medio geográfico devenida de la de medio natural condicionante.⁸

Un aporte significativo son los avances teóricos en las ciencias sociales, sobre la estructura, la dinámica y la función del organismo social, así como las tesis acerca del papel transformador de la conciencia humana.

La perspectiva desarrollista, por su parte, se basa en considerar que la sociedad establece los cambios en la naturaleza, y que los límites de ésta coinciden con los límites históricos concretos de las tecnologías en épocas y lugares diferentes, lo cual origina la explotación de los recursos naturales con criterios racionalistas economicistas, sin tener en cuenta otros límites como los ecológicos, políticos y éticos, diferenciados contextualmente, fundamenta la “explotación” de los recursos

⁷ “The four traditions in Geography”, en *Journal of Geography*, mayo 1964.

⁸ La asunción del medio geográfico como entorno condicionante es contraria a la visión determinista del medio geográfico, que considera que la naturaleza actúa como base determinante de la sociedad y le establece límites fijos a su desarrollo. Los límites ecológicos son los que deben considerarse, pero éstos no limitan al desarrollo social, sino a la explotación de bienes y servicios, según la capacidad de carga de cada socioecosistema.

naturales del medio geográfico hasta su agotamiento o pérdida de la rentabilidad.

La idea de que los seres humanos forman parte de un sistema ecológico, propuesta por John Steward en la década de los cuarentas, hizo posible la hibridación de los conceptos de ecología cultural y biológica, en el de ecología humana, que engloba la influencia del entorno en los seres humanos y la adaptación de éstos al entorno, de manera recursiva. Se trata del impacto que los seres humanos producen sobre el entorno en las transformaciones de aspectos físicos, económicos, culturales y otros.

Durante el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron las ciencias sociales, entre otras, la economía, la sociología, las ciencias políticas y la antropología, privilegiando lo singular de la psicología y del derecho.

Los intereses de la geografía eran esencialmente los de una ciencia social, pero se resistía a la categorización; intentaba acercarse a las ciencias naturales gracias a su interés por la espacialidad física y a las humanidades por lo que se dio en llamar geografía humana, haciendo un trabajo similar al de los antropólogos, con énfasis en la influencia del ambiente (Wallerstein *op. cit.*:29).

Aún cuando los debates en cuanto a la relación entre el crecimiento geométrico de la población y la escasez de recursos continúa en visiones lineales, dicotómicas neomalthusianas, se ha registrado la superación de los problemas mediante la ética y política responsables de los estados en el establecimiento de normas de bienestar general del pueblo, surgidas también en Gran Bretaña, después de la Segunda Guerra Mundial.

Los impactos de la confrontación mundial promovieron una toma de conciencia global en el sentido ético de la necesaria evitación de los enfrentamientos generalizados. La creación, hacia 1945, de un órgano de gestión política global, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como institución encargada de concertar las relaciones internacionales con el fin de evitar los que emergían como problemas globales, acreditó la necesidad de la comprensión de la totalidad del sistema

Tierra como algo más que la suma de las partes y la concepción sistémica de las interacciones entre la naturaleza y la sociedad como subsistemas interdependientes que forman parte de una totalidad integrada dialéctica, en la que se aplican el concepto de geosistema, el enfoque del *Earth System*⁹ y la geoeología.

Subsiste en la geografía una tendencia a la especialización, que fue una reacción generada por el desarrollo del conocimiento llamada a inhabilitar a los “maestros de todo”, el volumen de literatura temática y las técnicas demandaron entrenamientos largos y rigurosos, necesariamente una especialización individual, primero como geógrafos y después hacia adentro, focalizando en un área o en una región particular (Johnston 1991:38). La geografía de la población ha asistido a los cambios que se han operado en las ciencias, mediante su contribución con estudios y resultados en la localización de la población y su diferenciación según características demográficas; en estudios regionales revelan características de la población relacionadas con su distribución según los condicionantes naturales, las causalidades sociales como población rural y urbana y su nivel de educación; económicas como la población ocupada por sectores o la población económicamente activa, sentando las bases para que la geografía de la población asista, con la visión de lo social, más allá de lo biológico o específicamente poblacional, al enfoque holístico.

La Teoría General de Sistemas, formalizada por Ludwig Von Bertalanfy entre sus primeras ideas de 1940 y 1960 y los desarrollos posteriores de la Escuela de Bruselas, de Ilya Prigogine, sentaron las bases para nuevos paradigmas científicos en general y para la sustentación de que la geografía ambiental funde varias subdisciplinas e, incluso, se auxilia de las llamadas “ciencias ambientales” para abordar problemas inherentes a los sistemas ambientales que, por su complejidad, resultan imposibles de ser percibidos desde una perspectiva única o de una sola aproximación, dada la historicidad, geográficidad y heterogeneidad de las cuestiones que abarca. Los sistemas están conformados por estructuras, relaciones y componentes.

⁹ El sistema Tierra.

La definición de geosistema, según Sochava (1971:33):

[...] sistema geográfico natural y homogéneo ligado a un territorio, que se caracteriza por estructuras espaciales verticales (geohorizontes) y estructuras espaciales horizontales (geofacies) y por un funcionamiento que engloba el conjunto de transformaciones ligadas a la energía solar o gravitacional, los ciclos de agua y los biogeociclos, así como los movimientos de las masas de aire y los procesos de geomorfogénesis y por un comportamiento específico que se expresa en los cambios de estado que se producen en una determinada secuencia temporal...

Fue una buena base para la ordenación del espacio geográfico, ya que está a escalas del hombre. El concepto de geosistema permite evidenciar el espacio producido por el hombre como una unidad espacial, en términos de requerimientos de materia, sustancia, energía e información, lo cual reviste universalidad y actualidad. Según Bolos (1992), los geosistemas son paisajes que se comportan como sistemas que evolucionan en bloque bajo los efectos de la dinámica conjunta de todos sus componentes y de la dinámica propia de cada uno de ellos.

Para la geografía interesada por las desigualdades espaciales, el término dominación adquiere un interés especial para caracterizar el sesgo de las relaciones sociales, ya sean económicas o políticas, que son el origen de los problemas de la pobreza y del resto de los problemas de índole global, incluyendo los ambientales.

Durante los últimos años del siglo XX, impulsado por la emergencia de nuevos problemas, se ha producido un gran desarrollo de las geografías sistemáticas, se ha profundizado en temas de investigación totalmente nuevos como el imperialismo y los procesos espaciales de la globalización, la urbanización de los espacios rurales (rururbanización), las desigualdades sociales en los territorios, la vulnerabilidad social, los riesgos e impactos ambientales, etc., y se han incorporado nuevas herramientas tecnológicas especializadas, como la teledetección y los sistemas de información geográfica.

La geografía asiste, con sus conceptos, categorías y enfoques, a la solución de los problemas ambientales, gracias a su relación con el

pensamiento dialéctico, con la escuela historicista y la elaboración de muchos de sus conceptos y categorías con un enfoque sistémico y una visión de la complejidad inherente a la realidad y al quehacer transdisciplinario que requieren los problemas ambientales; pero precisa, a su vez, de la asistencia de otras muchas ciencias, naturales y sociales que, en profundidad, sirvan a la caracterización, medición, localización y verificación de los disímiles aspectos que se involucran en un determinado problema ambiental, con referencia territorial obligada, la cual es otra fortaleza geográfica. Con esta aseveración se ratifica que la geografía ambiental es la resignificación del campo de interés de varias subdisciplinas que intentan reconcebir al hombre en la naturaleza y en la realidad del mundo como totalidad.

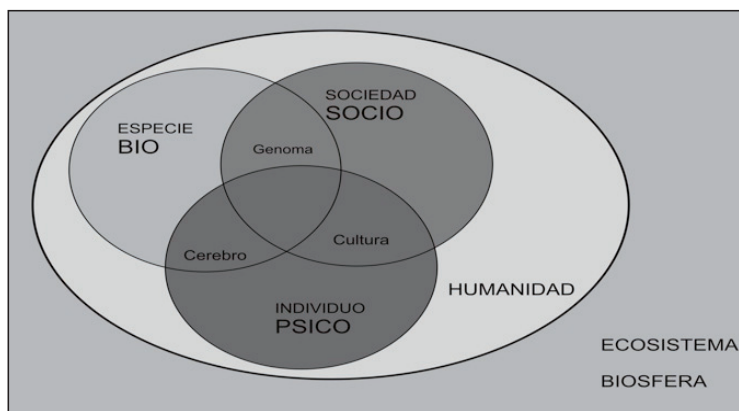
Contexto ambiental global y geografía

● ANA MARÍA LUNA MOLINER
LILIA SUSANA PADILLA Y SOTELO

La necesaria transdisciplinariedad para abordar la cuestión ambiental requiere de fundamentos teóricos propios o de un “pensamiento epistemológico nuevo que se ha manifestado en el pensamiento dialéctico, la escuela historicista y las construcciones desde una perspectiva constructivista y compleja” (Delgado, 2005:225). Sin duda alguna, los antecedentes decimonónicos de las visiones holísticas en la geografía, el desarrollo de la geografía sobre fundamentos dialécticos de la unidad del sistema Tierra y la visión de la complejidad sistémica del espacio geográfico, han sido fundamentales para habilitar a la geografía dentro de las ciencias ambientales, de manera que, para asistir al actual momento de cambios en el conocimiento, “ser geógrafo es la primera herramienta para enfrentar la especialización. Recién el segundo camino es hacia adentro, poniendo el acento en un campo operativo” (Pickenhayn, 2003:78).

Así, desde la posición de la geografía, el medio ambiente es el medio global, formado por tres componentes fundamentales (Lobato Correa, citado por Mateo, 2000:6): *el entorno natural*, como materialidad social y segunda naturaleza transformada por el trabajo social, resultado material de la acción humana, se manifiesta por un sistema de objetos; *los flujos*, que interconectan a los diferentes objetos naturales, y los creados por la acción humana, y *el ser humano*, cualificado por tres niveles de relaciones (Reyes Ruiz, 1997 citado por Mateo, 2000:6): consigo mismo; con otros seres humanos, o sea sus relaciones sociales, sus mitos, sus símbolos, sus utopías y sus conflictos; y con la naturaleza.

Ello está en consonancia con la concepción de lo humano como un sistema trinitario, “cuyos términos son concurrentes y antagonistas” (Morín, 1993) [véase figura 1].



Fuente: P. Gómez, 2008

Figura 1. Enfoque holístico del medio ambiente.

En función de lo anterior, el aporte fundamental que puede hacer la geografía a la construcción del paradigma ambiental, es su larga tradición en el estudio de los propios sistemas espacio-ambientales. La geografía entra así dentro del paradigma ambiental, estudiando la relación entre el medio natural y la sociedad, en su dimensión espacio-temporal, desde una perspectiva sistémica, holística, integrativa y dinámica, analizando, desde la complejidad, diferentes niveles de la materialidad y la organización ambiental.

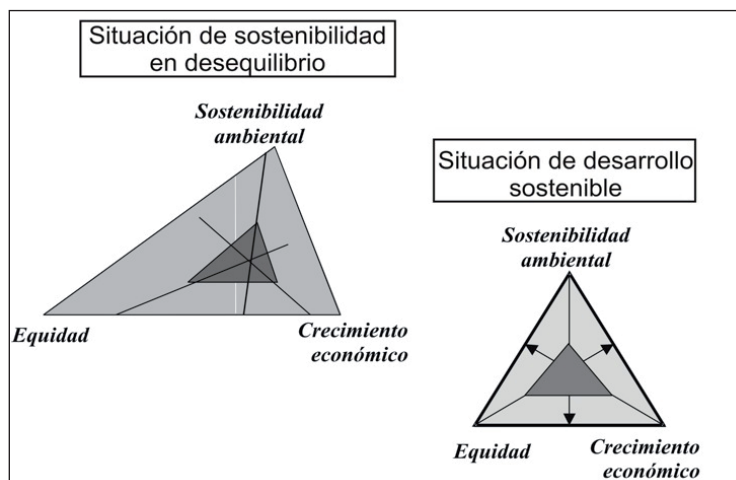
Sociedad y medio ambiente

El desarrollo de las sociedades humanas es el proceso sistémico dinámico de cambio que propende al mejoramiento cualitativo de los componentes de las sociedades, los grupos de individuos, los individuos y sus instituciones en general.

Los problemas globales emergentes a fines del segundo milenio son el “conjunto de problemas humanos generales de nuestra época que atañen tanto al mundo entero como a regiones o países aislados” (Frolov, 1984:3).

La lista de problemas globales como las guerras, injusticia social, hambre, miseria, contaminación, problemas demográficos como la migración; o aspectos positivos como las relaciones internacionales en marcos de paz, desarrollo social, crecimiento económico, aprovechamiento de recursos naturales, utilización de los logros científico-tecnológicos, educación y salud, por citar sólo algunos, denota la índole social con la profunda interrelación que hay entre ellos; es imposible aislar a cada uno de los otros y del ambiente.

La cuestión ambiental, problema de la globalización, demuestra, a escalas locales, regionales y globales, la interrelación entre todos los problemas mencionados y, a la vez, generaliza impactos cruzados entre todos, manifestados en la insostenibilidad del desarrollo de las sociedades humanas impactadas por esos problemas (véase figura 2).



Fuente: Bernex, 2006.

Figura 2. Problemas ambientales globales.

La relación entre la población y el medio ambiente es un tema actual de gran importancia, el cual originó que, para estudios demográficos en México, en 1992, se creara un primer Grupo de Trabajo de Población y Medio Ambiente por parte de la Sociedad Mexicana de Demografía (Somede) enfocado al diagnóstico general de esta relación, que culminó con la elaboración de libros como los publicados en 1993: *Población y Ambiente ¿nuevas interrogantes a viejos problemas?* y en 1995 *Población y medio ambiente: descifrando el Atlas Nacional de México* (Instituto de Geografía UNAM) [1991] en su primera versión de la década de los ochentas incluye entre sus secciones la “Sociedad” recorriendo los aspectos distributivos geográfico, patrones espaciales y dinámicos de la población, sus migraciones, características de los sistemas poblacionales urbanos y características sociales de vivienda, cultura y salud hasta arribar a tipologías sociodemográficas complejas.

El tema del medio ambiente en la sección V refleja las relaciones humanas con el ambiente y la visión de los componentes condicionantes naturales del medio en relación con éstos. También ofrece una visión de la relación geográfica entre salud de la población, que representan en buena medida avances y posibilidades de aplicación del conocimiento geográfico de la población, y los problemas de degradación ambiental.

La degradación ambiental de carácter global que más afecta a la población humana se expresa en términos de contaminación del aire, deforestación, escasez y contaminación de las aguas, y escasez y degradación de los recursos naturales en general, que redundan en degradación de la calidad de vida humana en términos de problemas de salud, violencia, inequidades y marginación social.

Desarrollo y población

Un fenómeno estudiado, y aún no completamente abarcado en su complejidad y diversidad geográfica por las diferentes influencias entre factores y problemas concurrentes en distintos lugares geográficos, es la denominada “transición demográfica”, ésta se relaciona en general como tendencia dinámica de la características de altas tasas de natalidad y mortalidad evidenciadas en las sociedades “preindustriales” que

evolucionan hacia la disminución de la mortalidad y de la fertilidad induciendo un crecimiento acelerado de la población total. Esta dinámica transicional ha sido reconocida en Europa, Norteamérica y en otros países de manera diferente según las diferencias históricas, sociales, económicas y culturales. Los crecimientos en la población en fases diversas de transición demográfica no pueden entenderse como desarrollo aun cuando evidencien cambios cuantitativos en tasas de natalidad y mortalidad generales.

El desarrollo debe verse desde su complejidad como desarrollo humano y social interrelacionados y como mejoramiento de la calidad de vida en términos de salubridad, educación, participación en las decisiones políticas y en equidad distributiva. Al respecto, la Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo (El Cairo) acordó como principio:

Los seres humanos son el elemento central del desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza. La población es el recurso mas importante y valioso de toda nación. Los países deben cerciorarse de que se dé a todos la oportunidad de aprovechar al máximo su potencial. Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado para sí y para su familia, incluso vestido, alimentación vivienda, agua y saneamiento adecuados.

De esta manera e inducidos por la política global en torno al desarrollo de carácter sostenible, el desarrollo humano global se manifiesta en desarrollo humano local en diferentes lugares y condiciones geográficas reconociendo las necesidades de relaciones armónicas entre población, recursos naturales y ambiente en general.

Los costos ambientales del crecimiento de la población se relacionan con el detrimento de otros componentes vivos como plantas y animales en la competencia que se establece en términos de consumo de materias, sustancias y energía, es decir, en la degradación de los equilibrios de los geosistemas. Existen alternativas viables como el establecimiento de geosistemas relativamente estables como los agroecosistemas, el reciclado y reuso de los desechos, el uso de energías renovables, pero esto requiere de un cambio en la mentalidad de los mayores consumi-

dores hacia un consumo responsable, lo cual reviste consideraciones éticas, de conocimiento y valoración. Es decir, percepción de problemas ambientales que sustenten actitudes convenientes para todos.

Consumo y población

Todas las formas de vida y las sociedades, incluyendo la humana, requieren de una entrada constante de energía para mantener su nivel de organización alcanzado y su lugar en la biosfera. Estos requerimientos se satisfacen mediante el consumo material, energético e informacional.

Entre las formas primarias de consumo está el biológico y energético de las poblaciones, que establece presiones sobre los recursos naturales de los geosistemas mediante la utilización de los suelos, los bosques y los combustibles fósiles. Desde el punto de vista histórico la transformación de las sociedades hacia sociedades industriales complejas ha conllevado el aumento de los consumos en general. En ello reside el origen de los problemas de superación de las capacidades de carga de la biosfera en general. No obstante, los patrones de consumo muestran grandes diferencias geográficas entre países y regiones, como en cuanto a la distribución de geosistemas relativamente naturales o que conservan su capacidad de regeneración independiente de los suministros artificiales de energía.

De tal manera que la geografía de la población, en relación con el medio ambiente, tiene importantes tareas en el estudio de las demandas de consumo, tanto alimentario como energético de la población, en términos de consumos domésticos, como de transportes, todos relacionados con la distribución y concentración de la población. El estudio necesario de posibles fuentes alternativas de energía eólica, solar, de la biomasa u otras, y su desarrollo en función de las demandas de la población, es una cuestión novedosa que potencia la geografía de la población dentro de la geografía ambiental.

Este grupo de trabajo ha organizado estudios en diversos grupos de discusión y un seminario. Sus investigaciones y diagnósticos dejan establecido que la relación entre población y ambiente no es lineal ni directa, y que el número demográfico no representa la principal causa de los

problemas ecológicos; su interrelación causal es compleja, e identifica problemas ambientales, resultado de los procesos de desarrollo en el marco de la modernidad. Asimismo, plantea que los estudios requieren de aproximaciones locales y de la consideración de variables intermedias que marcan la forma de apropiación y aprovechamiento del medio ambiente por parte de “la” población a diferentes escalas de indagación.

En sus trabajos examina las investigaciones sobre población y el ambiente en México, periodizando sus distintas etapas y explorando la sobrevivencia del viejo debate del número de la población; además de valorar los logros teóricos y metodológicos de las investigaciones seguidas bajo las recomendaciones contemporáneas de análisis del vínculo entre población y medio ambiente. Para ello se hacen recopilaciones de esos trabajos, se identifican los enfoques disciplinarios, teóricos y metodológicos utilizados y se valoran sus aportes para proponer nuevas líneas de investigación a partir de los vacíos encontrados en la revisión analítica.

¿Qué se entiende por geografía ambiental?

La cuestión ambiental global, evidente desde la década de los sesentas, constituye uno de los más abarcadores problemas del mundo contemporáneo y ha abierto nuevas perspectivas; de hecho, los problemas del medio ambiente no son solubles mediante los paradigmas científicos y tecnológicos de la modernidad.

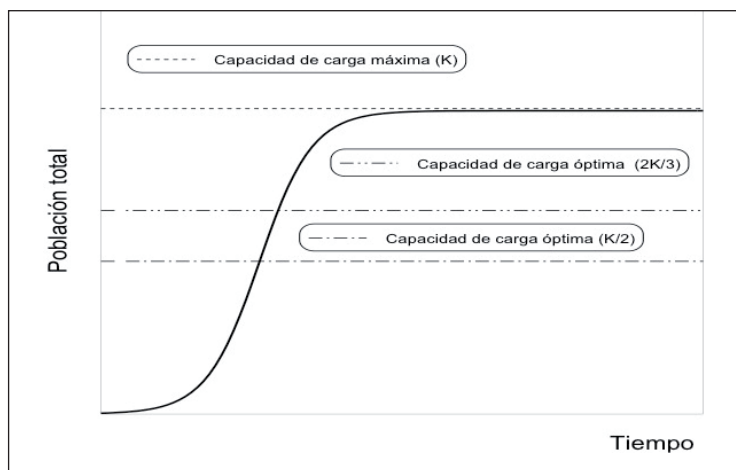
La geografía ha obtenido ventaja en la forma interdisciplinar por ser la “ciencia de la espacialidad”, del espacio como el campo en que concurren las actividades humanas, los hechos y fenómenos de la realidad “objetiva”; ha funcionado como un campo de interdisciplinas que confluyen para abordar problemas con dimensiones espaciales, lo cual la define como campo teórico de convergencia para fundamentar las decisiones políticas y económicas auxiliadas por otras ciencias al unificar, en el sentido espacial, los campos de estudio de otras disciplinas.

El ambiente, como totalidad compuesta de subsistemas, incluye los ámbitos naturales de la tierra, la atmósfera, la vegetación y la fauna, y los ámbitos humanos de las bases naturales de la producción agrícola

e industrial, los asentamientos poblacionales, el transporte, la industria y la estructuración social que contiene a las instituciones, la política y la cultura, todos aspectos cuya espacialidad diferencial ha estudiado la geografía sistemática, integradora, ella misma, convocada ahora a nuevos problemas del conocimiento.

Empezar un estudio de cierto sistema ambiental proviene, en general, del reconocimiento de situaciones o fenómenos que tienen lugar en esa localización geográfica y que han generado (o son generados por) procesos de deterioro en el medio físico y en el medio social. Estas situaciones, fenómenos y procesos, constituyen una realidad que es objeto de estudio (García, 1994:99).

Como se ha explicado, la cuestión ambiental es un problema de la contemporaneidad, resultante del predominio de los sistemas tecnológicos, ideológicos, políticos y sociales por encima de los naturales, rebasando la capacidad de carga de las bases naturales de las sociedades del mundo, por lo cual resulta un problema global (véase la figura 3).



Fuente: Bernex, 2006.

Figura 3. Capacidad de carga.

La geografía ambiental es la esfera de actividades científico investigativas orientada a la adquisición de nuevos conocimientos sobre las relaciones, fundamentalmente espaciales, entre los componentes del ambiente como totalidad compleja que emplea sus conceptos y categorías para la explicación de ciertas relaciones causales de los problemas ambientales.

Como ya se mencionó, la geografía ambiental no debe considerarse como una nueva disciplina, sino que resulta de la orientación de las actividades de investigación, la aplicación de sus conceptos clave como geosistema y sus diferentes visiones, tales como sus herramientas tecnológicas, los sistemas de información geográfica y la teledetección, para explicar y comprender la relación entre el hombre y el resto de los componentes del entorno, actuando como ciencia que establece un marco general de penetración (el espacio) como dimensión de confluencia en el cual pueden actuar otras ciencias y disciplinas científicas necesarias para la explicación de las múltiples y diversas causas que concurren en los problemas ambientales.

La geografía ambiental aúna las subdisciplinas geográficas que acuden al nuevo “campo de operaciones” que abre al conocimiento la llamada cuestión ambiental; auxiliada por esas subdisciplinas geográficas es, a la vez, auxiliar en el abordaje de problemas emergentes que, por su complejidad, requieren de nuevos fundamentos en otros saberes filosóficos, éticos y cosmovisivos. Así, también es auxiliada por la antropología, la ecología y la filosofía, sin que ninguna de ellas tenga una superioridad o jerarquía preponderante, dado que la complicación de los problemas ambientales requiere la visión de esa complejidad para poder deslizar la indagación por diversos ámbitos y dimensiones, a partir de un foco de emergencia del problema.

Las tareas del geógrafo en relación con lo ambiental en el nuevo siglo

Dos de los principales legados del siglo veinte, en el tema que aquí atañe, han sido, por una parte, una especialización funcional reforzada progresivamente entre los campos del conocimiento y, por la otra, la

llamada “revolución inadvertida”, manifiesta en cuatro líneas del desarrollo teórico, que están cambiando profundamente el conocimiento científico, la bioética, la epistemología de segundo orden, la visión de la complejidad sistémica inherente a la realidad y el holismo ambiental (Delgado, *op. cit.*:227) por la demanda de los nuevos problemas que emergen en la contemporaneidad. A la velocidad de los cambios se suman las revolucionarias tecnologías de información y de comunicaciones y la teledetección.

Con respecto a la convocatoria que los nuevos problemas hacen a la geografía y a los geógrafos, la Unión Geográfica Internacional ha propuesto: “En el nuevo milenio, los problemas que se perciben requieren de nuevas maneras de hacer ciencia, con el fin de hallar maneras más sensatas de habitar el planeta Tierra que las que se han derivado de los conocimientos científicos diversos y especializados del siglo veinte” (Buttimer, 2001:3).

En lo que se refiere a los modos de organización de las ciencias en el nuevo milenio, los geógrafos han continuado involucrándose en programas internacionales de investigación científica convocados por el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y otros —la mayoría de los cuales fueron iniciados por geógrafos.

En consecuencia, los retos intelectuales que presentan los nuevos dilemas que emergen de las experiencias del siglo XX en diversas partes del mundo son múltiples. En ese sentido, la mortalidad y el deterioro han podido ser explicados más fácilmente de manera científica, en comparación con la creatividad y la innovación en nuevos modos de organización científica, buscando sinergias para la solución de problemas complejos como el cambio climático, el deterioro ambiental o el desarrollo sustentable.

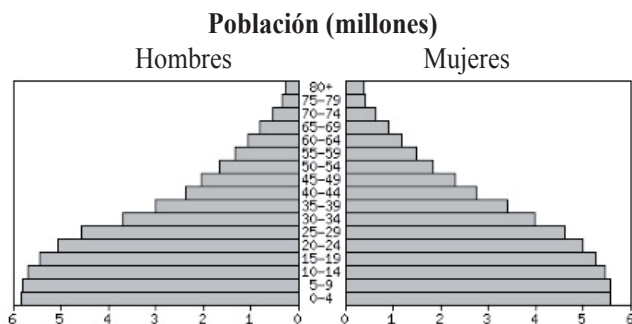
El secretario general de las Naciones Unidas entre 1997 y 2006, Kofi Annan, llamó a los geógrafos a trabajar sobre los problemas sinérgicos globales actuales, y expresó:

El personal de salud que participa en las campañas de vacunación infantil requiere conocer la distribución de la población; los expertos ambientales necesitan saber si se generan presiones a los recur-

sos naturales derivadas de patrones de colonización o de otro tipo de amenazas; con demasiada frecuencia, los gobiernos se comportan aún como si el ambiente fuera un tema por sí mismo, diferente de los problemas de pobreza, población y energía y del proceso de desarrollo en general. Tal forma de pensar está completamente fuera de tiempo; los problemas ambientales deben concebirse actualmente como temas centrales en el proceso de elaboración de políticas, con una integración total en la política social y económica.

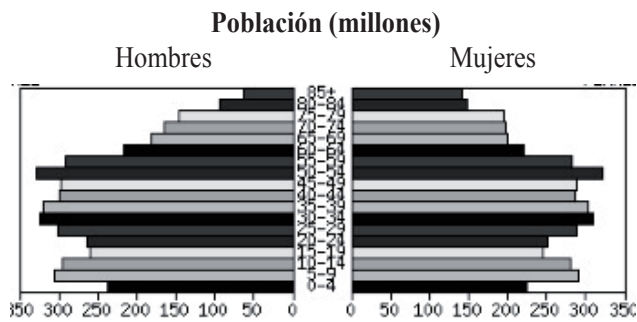
De esta manera es posible inferir los retos que, para los geógrafos, especialmente los que se dedican al análisis de la población —a la cual ven crecer de manera irregular (véanse las gráficas, 1, 2 y 3)—, representan los estudios encaminados a revelar cómo se relaciona el tema humano con la pobreza, la salud, el deterioro ambiental y otros, mediante la especialización funcional del conocimiento geográfico en profundidad, el empleo de las nuevas tecnologías informáticas, de los sistemas de información y una capacidad de reflexión y participación responsable que facilite los caminos de la política. Se trata de que la geografía, en los nuevos retos de la ciencia, debe asumir sistemática y dialécticamente el papel que demanda la sociedad del conocimiento y, a la vez, formar parte de la cultura general de los pueblos, atendiendo a la solución de problemas nacionales en el contexto de la globalización actual.

GRÁFICA 1. PIRÁMIDE DE POBLACIÓN MÉXICO, 2000



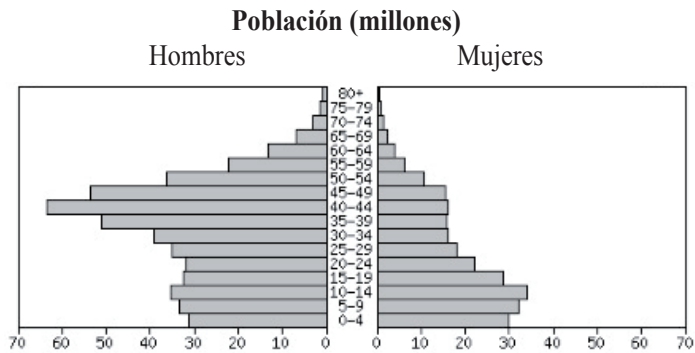
Fuente: INEGI, 2001.

GRÁFICA 2. PIRÁMIDE DE POBLACIÓN SUECIA, 2000



Fuente: ONU, 2002.

GRÁFICA 3. PIRÁMIDE DE POBLACIÓN QATAR, 2000



Fuente: ONU, 2002.

Bioespacios

La geografía, como las ciencias denominadas sociales, está teniendo un lugar privilegiado en el conjunto del conocimiento, y se está renovando. Esto hace cuestionarse si esa renovación es favorable o si ocasiona un conflicto entre los viejos contenidos y los que se están introduciendo. El espacio geográfico ha sido enunciado por Milton Santos (2006) como sistema de flujos entre fijos, en términos abstractos (Santos, 1999). Surgen así nuevos temas, y entre ellos una de las cate-

gorías gnoseológicas emergentes en la contemporaneidad que habilita el viejo concepto geográfico de “espacio”, y con ello habilita también su contenido dentro de la geografía ambiental, es el de bioespacio.

Se denominan bioespacios aquellos “a través de los cuales las comunidades dan manejo apropiado a los asuntos de la ecología, los recursos naturales y la vida en comunidad, que constituyen sociogeografías no convencionales, de diversidad cultural, ética y biológica, faunística y florística”. Constituyen una “nueva forma de organización especial para las sociedades en este tercer milenio, que tiende a ser una combinación de *género de vida*, analizado y conceptuado por Paul Vidal de la Blache, y del medio técnico-científico, teóricamente formulado por Milton Santos, dando origen a un medio técnico-científico biogeorreferenciado, en apoyo a lo que podemos llamar bioespacios” (Moreira, 2005).

El bioespacio está configurado por espacios importantes para la geopolítica interna y de los estados, en cuanto trascienden los límites políticos territoriales interestatales y, a veces, supraestatales, ya que se delimitan en función de las relaciones de los seres humanos con su entorno, con la naturaleza y con la tierra, en las relaciones de los seres humanos entre sí, de ellos con su grupo social o su comunidad y de las relaciones de los seres humanos consigo mismos, por su connotación ambiental. El concepto de bioespacio está vinculado con el de biopolítica.

La cuestión de las relaciones culturales étnicas tiene gran importancia en la configuración de los bioespacios, su concepción se basa en una nueva epistemología del espacio, en función de la emergencia de la globalización de la cuestión ambiental, que complejiza el espacio geográfico visto antes como la relación espacio temporal de la actividad humana y de sus resultados, para incorporarle la totalidad cultural que da significados diversos a la vida en todas sus manifestaciones. La concepción de bioespacialidad plantea la humanización de las relaciones en el espacio y en el tiempo. Se trata de retomar el saber, conocimiento científico y nociones empíricas a la vez, sobre el medio natural, con el fin de prevenir la conservación de espacios en los que el medio geográfico contiene recursos de biodiversidad cultural singulares.

Estas ideas han llegado a reconceptualizar la tradicional concepción del ordenamiento territorial, regulación racional que se logra con el

apoyo del conocimiento y de la tecnología, como concordancia entre el uso del suelo y sus potencialidades físicas y sobre la relación administrativa y funcional de las regiones; para proponer la dinámica misma del proceso de desarrollo que se hace sostenible mediante el ajuste y la corrección de los procesos que se anidan en el transcurso de las realidades cotidianas de convivencia armónica de los grupos sociales en los diferentes lugares. Fals Borda (2000) propone el empleo de “unidades ajustables y revisables”; en este sentido, otro concepto importante para la geografía trasciende en su significación ambiental, el “lugar”.

El mundo actual es un conjunto de posibilidades que hoy están interrelacionadas y son interdependientes, en él los lugares amplían sus posibilidades en función del proceso de globalización, los procesos productivos se refuncionalizan en el bioespacio en dos vertientes, local y global. Paradójicamente, los lugares se globalizan a través de la singularidad de su biodiversidad. Los procesos locales y regionales de desarrollo social, económico y político que vinculan actividades vitales de producción y reproducción social, derivan en elementos de continuidad social y diversidad cultural y biológica.

En los bioespacios, también conocidos como Sistemas de Producción bajo Ambiente Controlado, se pretende impulsar una horticultura protegida y sustentable, con sistemas de producción acordes a las diferentes regiones productoras, sin negar el desarrollo tecnológico y socioeconómico. La producción de alimentos de manera rentable, con inversiones y transformaciones mínimas del medio geográfico en los bioespacios, requiere el desarrollo de tecnologías alternativas y la corresponsabilidad entre poder, saber y actuar, es decir, responsabilidades diferentes, pero compartidas entre “los productores, los investigadores, los agricultores, los niveles de gobierno y los comercializadores”.

México es un ejemplo de ello, con la producción de hortalizas protegidas en zonas tropicales subhúmedas, en las que las condiciones de radiación limitan cultivos que bajo sistemas de cultivo protegido se han convertido en la tecnología más rentable para el manejo del ambiente y de hortalizas como el jitomate y chile.

Estos “lugares”, zonas relativamente homogéneas que han sido designadas como unidades desde diferentes ámbitos de la práctica y el saber, serían los ecosistemas, las cuencas hidrográficas, las zonas y

regiones histórico-culturales, los territorios étnicos y territorios indígenas, las zonas de reserva campesina, los parques naturales, provincias, municipios asociados y vecindarios-caseríos, y en la ciudad (espacios emergentes de gran importancia en los países biodiversos):¹ barrios, localidades o áreas metropolitanas y suburbanas. Según Fals Borda (*op. cit.*), éstos son los bioespacios en los cuales “se expresa y palpa la vida colectiva en su cotidianidad: la relación territorio-población-servicio, de la que depende la convivencia, la prosperidad y la paz ciudadanas y el buen manejo que se dé a los recursos financieros”. Este mismo autor los plantea como “contenedores sociales”, una versión nacional de los *Bioespacios* propuestos por Moreira.

Resulta de gran importancia, en el contexto de los bioespacios, el Corredor Biológico Mesoamericano, una senda verde de la longitud de América Central, que conecta parques y reservas entre las naciones centroamericanas, esfuerzo multinacional para conservar la conectividad ecológica a través del istmo centroamericano.² Ese proyecto se apoya en los lineamientos de la Conferencia sobre la Convención de Biodiversidad³ con respecto a la conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica en áreas vulnerables, y tiene como premisa promover la conservación y el uso sustentable de la agrobiodiversidad, mediante un aumento en la viabilidad productiva de la economía rural diversificada y ecológicamente sustentable. El

¹ El proceso de urbanización es singular y sorprendente en los países pobres.

² La idea de crear un corredor biológico que integre a las áreas naturales protegidas de Centroamérica surge en 1992, cuando, en el Convenio Centroamericano de Biodiversidad, se le encarga al Consejo Centroamericano de Áreas Protegidas, el desarrollo del Sistema Mesoamericano de Parques Nacionales y Áreas Protegidas, que se considera “como un efectivo corredor biológico mesoamericano”. Se adopta oficialmente en la Cumbre de Presidentes de Centroamérica, realizada en la ciudad de Panamá en julio de 1997, y su ejecución compete a la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) <http://www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/Documents/p_corredor_bio_meso.pdf>.

³ Convenio sobre la Diversidad Biológica en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, 3 al 14 de junio de 1992), firmado por 157 países. Los objetivos son: la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos. El Convenio es el primer acuerdo global integral acerca de la diversidad biológica: recursos genéticos, especies y ecosistemas; reconoce que la conservación de la diversidad biológica es una preocupación común de la humanidad y una parte integral del proceso de desarrollo.

origen de su concepción se remonta a fines de la década de los ochentas, cuando los investigadores estaban interesados en regenerar el vínculo biológico entre América del Norte y América del Sur, definido por ellos como el “puente biológico” que ha permitido la evolución de las especies.

El Corredor Biológico Mesoamericano significa un compromiso regional para impulsar proyectos cooperativos en favor de la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales, es un área extensa que requiere esfuerzos notables de conservación de la biodiversidad mundial, ya que el proyecto comprende un territorio que abarca desde México hasta Panamá.

La parte mexicana de este corredor está integrada por cinco subcorredores, dos en Chiapas y tres en la península de Yucatán. En Chiapas se han definido dos corredores, uno que conecta a las áreas naturales protegidas de El Triunfo y La Sepultura con El Ocote, a través de la Sierra Madre del Sur, y un segundo corredor que conecta a la selva Lacandona con el área natural protegida El Ocote, pasando por la Zona Zoque.

En la península de Yucatán se han definido los siguientes corredores: el que une a las reservas de la biosfera de Calakmul y de Sian Ka'an (subdividido en un corredor campechano y un corredor quintanarroense), y el corredor de la costa norte de Yucatán, que une a las reservas de Celestún y río Lagartos.

Desde el punto de vista de la geopolítica, integra criterios de programas públicos federales, estatales y municipales, a la vez que articula los fines del Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Programa Nacional de Desarrollo con los del Corredor Biológico Mesoamericano-México.

Diversos programas impulsan prácticas de desarrollo sustentable mediante proyectos de capacitación y financiamiento a las comunidades, tales como: Denominación de origen de café de altura; Criterios de conservación; Manejo de la biodiversidad comunal; Manejo forestal integral.

En México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el concepto de bioespacios se creó con el propósito de contrarrestar los efectos del cambio climático, reflejados principalmente en el incremento térmico y el decremen-

to hídrico en el aire. Con el bioespacio se logran aproximar los niveles favorables para las plantas, de dichos elementos del clima. La condición microclimática así conseguida permite explorar esta tecnología durante todo el año.

La tecnología de los bioespacios ha sido diseñada para aplicarse principalmente en las regiones del trópico seco que producen hortalizas de fruto, como los estados de Morelos, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla, Guerrero y Michoacán, entre otros. Incluso, existe la Asociación de Productores de Hortalizas en Bioespacios

El INIFAP y el Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM) Campus Cuernavaca hacen una fuerte sinergia para el desarrollo de prototipos de invernaderos y bioespacios automatizados.⁴ Debido a que una de las áreas con más crecimiento en los próximos años será la del cambio de cultivos de hortalizas a cielo abierto a cultivos en invernaderos, estadísticas proporcionadas por el INIFAP indican que, en el estado de Morelos se prevé un crecimiento de las áreas de cultivo a un 400 % para los próximos cuatro años, pasando de 45 a 200 hectáreas. Por otro lado, el citado instituto, localizado en la misma entidad, tiene como meta elevar la capacidad de producción de 40 toneladas de pepino por hectárea a cerca de 150 o más toneladas por hectárea; incluso, se plantea la posibilidad de quintuplicar la producción por unidad de área si se tienen más cuidados y se da un control más constante a las plantas.

Por contraste, en el periódico *La Jornada de Guerrero*, en febrero 2007, se menciona que el estado de Guerrero está en franco rezago en tecnología agrícola, ya que, mientras en otras entidades, principalmente del norte del país, desde hace 20 años se siembra en cientos de hectáreas de bioespacios, aquí sólo se ensaya en 20 puntos, con un total de cuatro hectáreas <<http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2007/02/22/index.php?section=sociedad&article=006n2soc>>; no obstante, entre los cultivos nuevos en esta entidad destaca el jitomate, mismo que, a través de los bioespacios, ha generado ingresos promedio por \$44 273 por productor, obtenidos de una superficie de 2 000 m² que, en compara-

⁴ Los invernaderos se consideran como tecnologías avanzadas y los bioespacios como tecnologías medias.

ción con el maíz, resulta muy propicio (Gobierno del estado de Guerrero, 2005).

Desafortunadamente, la producción en invernaderos y bioespacios —que son estructuras parcialmente reguladoras del microambiente, en zonas de baja humedad relativa con alta radiación solar y temperaturas elevadas, para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas (principalmente hortalizas de fruto como el jitomate)— en México no alcanza los estándares de cantidad y calidad que demandan los mercados internacionales <http://www.ccytem.morelos.gob.mx/jccytem/index.php?option=com_content&task=view&id=451&Itemid=90>, sin embargo, con diferentes grados de respuesta, en todas las regiones en evaluación, ha sido evidente el efecto positivo de la modificación microambiental a través de los bioespacios, incrementando los rendimientos cuantitativos y cualitativos hasta en un 900 % para el caso del jitomate y 1 000 % para los chiles.

Los bioespacios en México se crearon con el propósito de contrarrestar los efectos del cambio climático, pues en ellos se logran obtener condiciones microclimáticas que permiten su utilización durante todo el año, mediante el empleo de mallas que regulan el porcentaje de transmisión de radiación y de sistemas de riego presurizado, microaspersión o goteo, que permiten reducir la radiación incidental y la temperatura e incrementar la humedad relativa, posibilitando el crecimiento de las plantas.

Conclusiones

Se hace referencia al principal objeto de estudio de la ciencia geográfica: el espacio, término de gran complejidad, en especial en las relaciones que se dan en su interior definiendo los aspectos que le son inherentes, a través de una visión panorámica, forzosamente selectiva y sumaria, pero que aspira a esbozar buena parte de sus rasgos esenciales. Así, el espacio se revela en el plano del análisis, como conocimiento del proceso de reproducción en sus múltiples contradicciones: entre lo local y lo global; entre lo público y lo privado; entre el uso y el cambio. Esto se debe a que el espacio es producto,

medio y condición de la reproducción, y entra en conflicto con sus propias condiciones y con sus propios resultados. El espacio geográfico es parte indisociable de los procesos económicos, sociales y naturales en la relación sociedad-naturaleza; comprende básicamente un propósito de subsistencia y reproducción que se organiza en un lugar determinado, entre los sistemas sociales y los naturales, donde aquéllos utilizan su base de sustentación ecológica para asegurar su supervivencia y reproducción y devuelven a la naturaleza sus desechos; entonces, el proceso de acumulación de excedentes económicos configura un eje central de esa relación y, a la vez, de la afectación del mismo espacio.

Derivado de lo anterior, se puede señalar la relación que guarda el espacio con la geografía ambiental, disciplina emergente, que trata, como uno de los principales aspectos, la espacialidad en el análisis del medio ambiente, ya que se ocupa de las relaciones entre el hombre y la naturaleza en el espacio y el tiempo, y se orienta a la protección del ambiente. Su objeto de estudio se centra en las variantes que se detectan y producen en esa interrelación sociedad / naturaleza, las cuales conforman los diversos tipos de ambiente y derivan en consecuencias que inciden en los factores económicos y sociales, generando cambios a mayor velocidad e intensidad que los procesos naturales en un tiempo y espacio dados; los problemas que analiza la geografía ambiental no son consecuencia de la casualidad ni del destino, sino del acontecer histórico social de las comunidades humanas, interviniendo sobre su entorno para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales.

Ese devenir de sociedades/naturaleza, desde una perspectiva totalizadora (holística) está fuertemente influenciado por los aspectos antrópicos de tipo social, económico, institucional, legal, político y cultural, todo esto intervenido por los conocimientos científicos y las tecnologías aplicadas.

Lo importante para los geógrafos ambientales no es sólo conocer el ambiente en su realidad, sino conservarlo; así, la indagación geográfica ambiental debe efectuarse junto con el compromiso hacia la sociedad y el entorno que le rodea, es una geografía con ciencia y conciencia.

Estudio de caso

La emergencia de una crisis ambiental desde la perspectiva de la geografía ambiental: el Lago de Chapala

El Lago de Chapala se conformó en la era Paleozoica, cuando, derivado de la actividad geológica, se situó sobre un valle rodeado de conos y domos volcánicos. En la época prehispánica, los viajeros desde “Aztlán llegaron al lago de Chapala”, algunos se quedaron en esa zona, fundando los primeros asentamientos. A la llegada de los españoles a México, una de las primeras descripciones del lago la escribió el padre Antonio Tello, en la *Crónica Miscelánea*; el lago continuó con la misma forma hasta entrada la segunda mitad del siglo XX.

El crecimiento urbano-industrial en la región donde se encuentra el Lago de Chapala, desde los años cuarentas de dicho siglo, incrementó la demanda de agua, cuando la ciudad de Guadalajara contaba con una población de aproximadamente un cuarto de millón de habitantes. En las décadas de los cincuentas y los sesentas se incrementó la demanda del líquido como consecuencia de las actividades agropecuarias e industriales que se establecieron en la región agrícola cercana, denominada “El Bajío”. En los setentas Guadalajara recibía del lago de Chapala una dotación de agua de aproximadamente cuatro metros cúbicos por segundo, a través del río Santiago, vía el canal de Atequiza. A principios de la década de los ochentas, por el desarrollo urbano industrial resultado de las políticas descentralizadoras del gobierno federal y el incremento de la población de la zona metropolitana de Guadalajara, así como por el aumento en las necesidades de calidad y volumen del líquido, se continuó extrayendo agua de Chapala, a pesar del desequilibrio que ello ha significado debido a la insuficiente entrada de agua por el Lerma, el azolve, la evaporación y los crecimientos poblacional, industrial y agrícola de la región, que constituyen los principales problemas ambientales para el Lago de Chapala.

Así se llega a 2000, cuando se anunció una reducción de la extracción de agua del Lago de Chapala de 7.5 a 5 centímetros cúbicos por segundo, para la ciudad de Guadalajara; sin embargo, se pronosticó que se agudizaría el problema de abastecimiento de agua, pues la cota del lago sigue a la baja, ya que se habían perdido alrededor de 37 millones de metros cúbicos de agua en ese año. Si a ello se suma la contaminación de sus corrientes, el uso irracional de este recurso, los problemas técnicos que propician las fugas y un bajo control en los usos del agua, el escenario es desolador.

El Lago de Chapala a fines del siglo pasado alcanzó uno de los niveles más bajos de su historia, debido a una extracción cada vez mayor; de continuar su utilización inadecuada se preveía el agravamiento de la situación, con consecuencias ambientales y económicas que aún se desconocen. En las dos últimas décadas se ha presentado un incremento en la demanda que ha excedido las capacidades objetivas del lago, y cuando éstas son rebasadas, se está ante una crisis que puede desembocar en el colapso ambiental.

Salvar al Lago de Chapala es congruente con una política sustentable, para lo cual se propone, además de implantar acciones de control para distribuir mejor el agua y controlar su extracción, establecer una reserva estratégica. Esta reserva serviría como garantía de un sistema sustentable; puede ser reguladora de un mercado de agua generado a partir de la comercialización del volumen del líquido disponible concesionado a los usuarios, lo que se esperaría fuera precursor de un uso eficiente del recurso, así como de una asignación más homogénea.



Foto 1. Lago de Chapala en el año de 1982 y en 2000.

Bibliografía

- ALCEDO, A., “Vocabulario de las voces provinciales de las Américas”, en *Diccionario Geográfico-Histórico de las Indias Occidentales ó América*, t. v. Madrid, Imprenta de Benito Cano, 1786.
- BERDOULAY, V. y Héctor M., “Por una historia mundial de la geografía”, en *Unidad y diversidad del pensamiento geográfico. Retos y perspectivas*. México, UNAM, IG/INEGI, 2003, pp. 9-17.
- BERNEX, N., “Aportes para la política territorial regional”, en *Foro de Cajamarca*. Perú, Centro de Investigaciones en Geografía Aplicada, Pontificia Universidad Católica de Perú, 2006.
- BOLOS, M., *Manual de ciencias del paisaje*. Barcelona, Masson, 1992.
- BUTTNER, A., *Boletín informativo de la UGI* [en línea]. núms. 1-2. México, UGI, 2001. <<http://www.igu-net.org>>.
- CAPEL SÁEZ, H., *Filosofía y ciencia en la geografía contemporánea*. Barcelona, Barcanova, 1983.
- CAPEL, H. y J. Vilardel, “La fundación de Georgetown (1771). Patrick MacKellar y el urbanismo militar británico”, en *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. VIII, núm. 474. Barcelona, Universidad de Barcelona, 2003.
- CENSUS BUREAU, *Data Base*. Estados Unidos de América, 2000.
- CUTTER, S. L. et al., *A Geographic perspective on natural resources use, exploitation, conservation, preservation*. Nueva Jersey, Rowman and Alanheld publishers, Library of Congress, 1985.
- DELGADO MAHECHA, O., *Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Red de Estudios de Espacio y Territorio, 2003.
- DELGADO, C., “Efectos del desarrollo científico-técnico. Sensibilidad pública, conocimiento y riesgo”, en Célida Valdés, comp., *Ecología y sociedad selección de secciones*. La Habana, Félix Varela, 2005.
- DE SOUZA, A. R., *A Geography of the world economy*. Nueva York, Columbus, Merrill Pub. Co., 1990.
- DOLLFUS, O., *El espacio geográfico*. México, Oikos-Tau, 1982.
- DURAN, J. M. y A. Torres R., “Crisis ambiental en el lago de Chapala y el abastecimiento para Guadalajara”, en *e-Gnosis* [en línea].

- vol.1, art. 6. México, Universidad de Guadalajara, 2003. <<http://www.redalyc.org/pdf/730/73000106.pdf>>.
- ELIZONDO, C., “El corredor biológico Mesoamericano, entre el desarrollo sustentable y la utopía”, en *Ecosistemas y comunidades: procesos naturales y sociales de los bosques* [en línea]. <<http://www.ecosur.mx/ecofronteras/ecofrontera/ecofront18/pdf/corredor.pdf>>.
- FALS BORDA, O., *Acción y espacio. Autonomías en la nueva República*. Bogotá, Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales / Tercer Mundo Editores, 2000.
- FISHER, J., *Geography and Development, a world regional approach*. 4a. ed. Nueva York, MacMillan Publishing Agency, 1992.
- FROLOV, I., *Diccionario filosófico*. Moscú, Progreso, 1984.
- GARCÍA, R., “Interdisciplinariedad y sistemas complejos”, en E. Leff, comp., *Ciencias sociales y formación ambiental*. Barcelona, Gedisa, 1994, pp. 85-124.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE GUERRERO, *Evaluación Alianza para el Campo 2005. Informe de Evaluación Estatal de Programa de Fomento Agrícola*. Guerrero, Sagarpa, 2006.
- GÓMEZ, P., “Temas y materiales de estudio: el sistema antropeo”, en *Programa de Epistemología de las Ciencias del Hombre*. Granada, Departamento de Filosofía, Universidad de Granada, 2008.
- GÓMEZ, M., “Saber indígena y medio ambiente en la complejidad ambiental”, en E. Leff, comp., *La complejidad ambiental*. México, Siglo XXI, 2000, pp. 253-292.
- DANIEL HIERNAUX, N., “Eliseo Reclus y la formación del pensamiento geográfico decimonónico”, en *La geografía de la Ilustración*. México, Instituto de Geografía, UNAM, 2003, pp. 271-285.
- JOHNSTON, R., *Geography and Geographers*. 4a. ed. Londres, Edward Arnold, 1991.
- LEFF, E., *La complejidad ambiental*. México, Siglo XXI, 2000.
- LEFF, E., “La interdisciplina en la relación población-medio ambiente. Hacia un paradigma de demografía ambiental”, en *Acta de la Sociedad Mexicana de Demografía*, núm. 9. México, 1994.
- LOSSIO BOTHELHO, C., *A filosofia e o processo evolutivo da geografia*. Brasil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ceará, 1987.

- LUNA, A., *Aspectos territoriales del estudio y la utilización de los recursos naturales en Cuba*. La Habana, 1995. Tesis, Instituto de Geografía Tropical, 120 pp.
- LUNA, A., *Fundamentos Teóricos para abordar el Medio Ambiente desde las Ciencias Sociales*. La Habana, 2004. Informe técnico, Instituto de Filosofía.
- MATEO, J., “Pensamiento geográfico ante el paradigma ambiental”, en *Cuadernos amazónicos*. Florencia, Colombia, 2000, pp. 60-73.
- MATEO, J., “La idea del paisaje en el turismo de las sociedades post modernas: retos y alternativas”, en *Paisaje, ordenamiento territorial y desarrollo sostenible*. Genova, Università degli Studi di Genova, Brigati, 2003, pp. 123-134.
- MATEO, J., *Aportes para la formulación de una teoría geográfica de la sostenibilidad ambiental*. La Habana, 2008. Tesis, Universidad de la Habana, 2008.
- MENDOZA, H., “La geografía y la Ilustración española y novohispana: la organización y los proyectos de finales del siglo XVIII”, en *La Geografía de la Ilustración*. México, Instituto de Geografía, UNAM, 2003, pp. 157-193.
- MONCADA, J. O. et al., comps., *La Geografía de la Ilustración*. México, Instituto de Geografía, UNAM, 2003.
- MOREIRA, R., “Sociabilidad y espacio. Las formas de organización geográfica de las sociedades en la era de la Tercera Revolución Industrial, un estudio de tendencias”, en *Revista Diseño y Sociedad*, núm. 18. México, UAM, primavera 2005.
- MORÍN, E., *Introducción al pensamiento de la complejidad*. Barcelona, Gedisa, 1993.
- MORÍN, E., “La naturaleza de la Naturaleza”, en *El método*, vol. I. México, Ediciones Cátedra, 1997.
- ORTEGA VALCÁRCCEL, J., “Los horizontes de la Geografía”, en *Teoría de la Geografía*. España, Ariel, 2000.
- PATTISON, W., *The four traditions. Journal Geography*, vol. 63, núm. 5. Estados Unidos de América, Routledge, 1964, pp. 211-216.
- PICKENHAYN, J. A., “La Geografía, fronteras teóricas en la evolución hacia las transdisciplinas”, en Berdoulay y Mendoza, eds., *Unidad*

- y diversidad del pensamiento geográfico en el mundo. Retos y perspectivas.* México, Instituto de Geografía, UNAM, 2003.
- RECLUS, E., *El Hombre y la Tierra*. Barcelona, Escuela Universal, 1906.
- SALADINO, A., “La génesis del pensamiento geográfico latinoamericano”, en Moncada *et al.*, comps., *La Geografía de la Ilustración*. México, Instituto de Geografía, UNAM. 2003.
- SANTOS, M., “Espacio y método”, en *Geocrítica. Cuadernos de geografía*, núm. 65. Barcelona, España, 1985.
- SANTOS M., “El territorio: un agregado de espacios banales”, en Miguel Panadero Moya coord., *América Latina: lógicas locales, lógicas globales*. Cuenca, Universidad de Castilla- La Mancha, 1999.
- SANTOS, M., *Metamorfosis del espacio habitado*. México, Oikos-Tau, 2006.
- SOCHAVA, B., “Geography and Ecology”, en *Soviet Geography*, t. XII. Moscú, 1971, pp. 277- 283.
- SOCIEDAD MEXICANA DE DEMOGRAFÍA, *Población y medio ambiente: descifrando el rompecabezas*. México, Somede, 1995.
- STODDARD, R., *Field Techniques and Research Methods en Geography*. Michigan, Kendall / Hunt. Publishing Company, 1982.
- UNIÓN GEOGRÁFICA INTERNACIONAL, *Boletines electrónicos*, núms. 1, 2, 3 y 4 de 2001.
- UNWIN, T., *El lugar de la geografía*. Trad de Jerónima García Bonafe Madrid, Ediciones Cátedra, 1995.
- VITALE, L., *Hacia una historia ecológica en América Latina, de las culturas aborígenes a la crisis ecológica actual*. México, Nueva Imagen, 1984.
- WALLERSTEIN, I., *Abrir las ciencias sociales. El Informe de la Comisión Gulbenkian*. México, Siglo XXI, 1993.

Unidad 2

INTERRELACIÓN POBLACIÓN-RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE NACIONAL

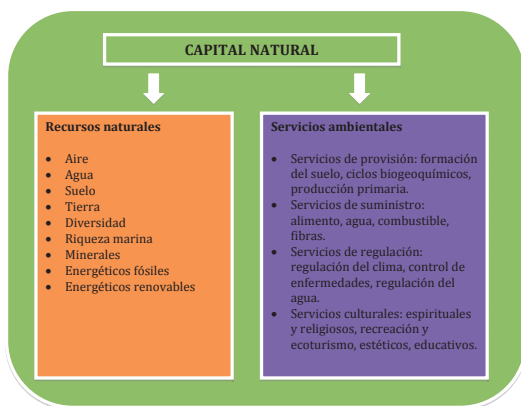
Recursos naturales del territorio mexicano

● ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

¿Qué es el capital natural?

Los sistemas naturales proveen de aire puro, agua, suelo para producir alimentos; a la par, cumplen servicios que mantienen vivos a los humanos y a otras especies. Este capital natural está implícito en el medio ambiente, comprendido éste como un sistema de elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos con los que interactúa el hombre, a la vez que se adapta, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

El capital natural está formado por recursos naturales y servicios ambientales. Un recurso natural es cualquier cosa que se obtiene del medio ambiente para satisfacer necesidades y deseos (véase figura 1).



Fuentes: Adaptación de Tyller Miller, 2007, y respecto a servicios ambientales, Semarnat, 2008.

Figura 1. Capital natural que sustenta la vida en el planeta.

La interacción entre la naturaleza y la sociedad humana se da en el proceso de cambio y desarrollo; la sociedad surge sobre la base de la naturaleza, es parte de ella y, al mismo tiempo, es independiente; las relaciones entre sociedad y naturaleza ocurren en la producción y el proceso laboral de la población, ambos son mecanismos de apropiación de los recursos que provee la naturaleza. El aprovechamiento de los recursos naturales puede considerarse como un campo problemático, un sistema complejo y dinámico de interrelaciones naturales, socioeconómicas, territoriales y culturales, que evoluciona a través de la comprensión espacial de las sociedades humanas (Mateo: 2005).

El hombre se organiza en grupos, desde los inicios del *Homo sapiens* (forma más reciente de la especie humana); ha vivido en la Tierra desde hace alrededor de 40 000 años, un breve instante de la existencia del planeta [4 600 millones de años] (véase cuadro 1).

CUADRO 1. EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y UTILIZACIÓN
DE RECURSOS NATURALES EN LAS SOCIEDADES HUMANAS

	<i>Años de existencia del hombre</i>	<i>Técnica de subsistencia</i>	<i>Deterioro ambiental</i>
Más antiguo	30 000 a 40 000	Cazadores y recolectores nómadas	– Deforestación de bosques tropicales. – Extinción de grandes mamíferos. – Extinción de depredadores con los que competían por el alimento. – Impacto reducido y localizado.
	10 000 a 12 000	Revolución agrícola	– Inicia la guerra contra la naturaleza. – La creciente población demanda sustento, vivienda y vestido. – Talan grandes extensiones de bosques para obtener madera (deforestación). – Degradan su hábitat para obtener espacios para el cultivo (erosión del suelo). – Sobreapasantamiento de pastizales. – Degradación paulatina del suelo, agua, vegetación y fauna silvestre.

	<i>Años de existencia del hombre</i>	<i>Técnica de subsistencia</i>	<i>Deterioro ambiental</i>
Reciente	275	Revolución Industrial	– Contaminación atmosférica por la utilización de carbón mineral. – Contaminación de agua y suelo, desmote en grandes extensiones para construcción y combustible. – Daño a la salud humana.
		Sociedades industriales	– La sociedad de consumo. – Creciente dependencia respecto a petróleo, gas natural, carbón y diversos metales. – Dependencia de los materiales sintéticos que se degradan lentamente en el ambiente, y muchos de los cuales son tóxicos para los humanos y la vida silvestre. – Aumento en la cantidad de energía utilizada por persona para transportación, manufactura, agricultura, alumbrado, calefacción y acondicionamiento ambiental.

Fuente: Elaborado a partir de Tyller Miller, 1999.

Las revoluciones culturales requieren de energía y tecnologías nuevas, proceso que trastorna y controla los ecosistemas con la excusa de satisfacer necesidades básicas y una lista de demandas superfluas. Las sociedades humanas necesitaron aumentar su provisión de alimentos, situación que condujo a un incremento en su promedio de vida; este escenario desencadenó cambios que originaron un crecimiento brusco en el tamaño de la población humana y, por tanto, una mayor demanda de satisfactores y un deterioro del medio natural.

El objeto de estudio básico del geógrafo es el espacio geográfico, sus componentes son el espacio natural (como el paisaje natural y antroponatural); el espacio económico funcional (formado por objetos técnicos e infraestructuras de todo tipo) y el espacio social, en el que viven los grupos sociales.

Un ejemplo del espacio en el que ocurren las interacciones ambientales es el paisaje, en él se observan los distintos elementos que con-

forman al paisaje, la base natural integrada por la litosfera, relieve, clima, suelo, vegetación, fauna y el eje conductor por su participación en los procesos físicos, químicos y biológicos esenciales para la vida. Estos elementos son la base de las actividades humanas como: producción, regulación, información, recreación, actividad científica y funciones del espacio socioeconómico (Mateo, 2007).

Paisaje Natural de México

México limita al norte con Estados Unidos de América, al sur con Guatemala y Belice, al oriente con el golfo de México y al oeste con el océano Pacífico; sus litorales miden 9 903 km, es decir, 75 % del perímetro total del país, de acuerdo con estudios proporcionados por Tamayo, 1990, y Rzedowski, 1978, citados por Challenger (1998:269).

La forma del territorio propicia que la influencia de los litorales sea distinta; el del Pacífico mide el doble que el del golfo, sin embargo, este último ejerce una mayor influencia en la caracterización del clima y la distribución de la vegetación; en cambio, en las penínsulas, las causas son diversas, en el extremo noroeste, la península de Baja California, envuelta por el Pacífico y por el golfo de Cortés, tiene condiciones ambientales similares a las de una isla (Rzedowski, 1978, citado por Challenger, 1998); por su lado, en el extremo sureste, en la península de Yucatán, las circunstancias ambientales obedecen a particularidades topográficas y a la hidrología subterránea de la región.

Asimismo, las islas mexicanas son de diversos orígenes, en el Pacífico la mayoría son continentales, o bien, como las islas del archipiélago de Revillagigedo, que son oceánicas, resultado de la actividad volcánica del lecho oceánico del Pacífico; en cambio las del golfo de México y el Mar Caribe son formaciones de arrecifes de coral que quedaron expuestas por los cambios del nivel del mar y por movimientos tectónicos (*ibid.*)

El territorio nacional es particularmente montañoso, 67 % se eleva a más de 500 msnm y otra gran proporción a más de 1 000 msnm (Challenger, *op. cit.*:269). El relieve está formado por una armazón de sierras

que atraviesan al territorio, como las sierras Madre Oriental y Occidental, la sierra Volcánica Transversal y la sierra Madre del Sur, todas contienen un enorme potencial de recursos forestales que, tradicionalmente, se han explotado y han propiciado la alteración de hábitats de especies como la mariposa monarca o el oso negro mexicano.

Por la forma del territorio la configuración de las líneas costeras y la disposición de los sistemas orográficos, el embate de los vientos en el país actúa en forma diferente; en la porción norte detienen las masas de aire polar, por lo que la costa pacífica en el invierno es más cálida. Los vientos procedentes del golfo de México aportan más humedad, y el efecto de barrera orográfica detiene la humedad en la planicie costera, por lo que dominan los bosques tropicales y de neblina. En cambio, en el noroeste del país se presentan los desiertos de Sonora y Chihuahua, en los que las condiciones de aridez han contribuido al crecimiento de plantas que almacenan y retienen la escasa agua presente en el ambiente.

La complejidad geográfica y la riqueza de recursos naturales del espacio geográfico mexicano han dado lugar a diversas clasificaciones de sus regiones naturales con orientaciones heterogéneas que hacen énfasis en su geología, relieve, suelo, riqueza biológica y conservación de ecosistemas. En ese contexto, son numerosas y variadas las clasificaciones del territorio nacional, pero únicamente se citan dos, que consideran criterios geográfico-ambientales: de escala continental, la de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), de representación internacional, dirigida a la caracterización regional de los ecosistemas de América del Norte, con ella se pretendía mejorar la gestión ambiental de Canadá, Estados Unidos de América y México; y de escala o representación nacional, la de la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) delimita regiones prioritarias terrestres, hidrológicas y marinas para la conservación de los recursos.

En este texto, para examinar la manera en que la sociedad mexicana ha utilizado su capital natural, se recurre al criterio de ambientes climático, terrestre, hidrológico y marino, con un enfoque interdisciplinario. Asimismo, se hace énfasis en la presencia de reservas de minerales, energéticos fósiles y la dependencia de la vida cotidiana de las reservas y de la explotación de estos recursos no renovables en la escala de

tiempo humano, condición que precisa preservarlos para las futuras generaciones.

Actividades complementarias

1. Realiza una visita al Museo del Templo Mayor del Centro Histórico de la ciudad de México.
2. Responde preguntas básicas para comprender los recursos naturales de la sociedad mexicana.
 - ¿Cuáles eran las características de su medio natural?
 - ¿Cuáles eran sus recursos naturales?
 - ¿Cómo utilizaron sus recursos naturales?

Páginas de internet recomendadas

Conabio, “Biodiversidad Mexicana”, disponible en <<http://www.biodiversidad.gob.mx/>>.

Conabio, “Capital Natural de México”, disponible en <<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html>>.

Templo Mayor, “Museo y Zona Arqueológica”, disponible en <<http://www.templomayor.inah.gob.mx/>>

¿Qué es el clima?

El clima es el estado promedio de la atmósfera determinado por los valores de un conjunto de variables meteorológicas (temperatura, presión, viento, humedad, precipitación) en un lugar específico de la superficie terrestre; por ello es importante conocer estas variables durante un lapso largo (García, 1989).

El promedio del estado del tiempo atmosférico define al clima de una región. Ambos elementos, tiempo y clima, son determinantes para el desarrollo de la vida y la permanencia de los seres vivos en el planeta.

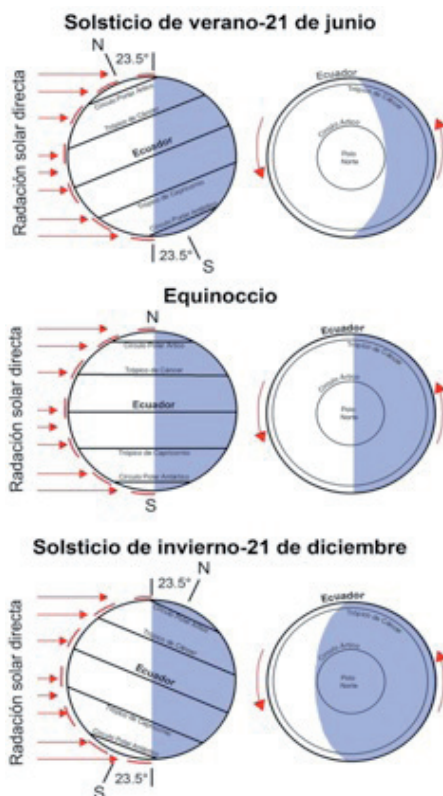
El tiempo es el resultado de las propiedades físicas de la atmósfera (los elementos), en un periodo cronológico corto; es el estado momentáneo de la atmósfera. El tiempo varía de un día a otro y el clima de un lugar a otro (*idem*).

Para el estudio del clima de un lugar se requiere del conocimiento de sus factores y de sus elementos (véase figura 1).

¿Cuáles son los factores del clima?

Los factores del clima pueden ser cósmicos y geográficos. El factor cósmico es la radiación solar, y los factores geográficos son la latitud, la distribución de las tierras y de los mares, las corrientes marinas, la altitud del terreno y la vegetación, todos ellos hacen variar al clima.

Los elementos del tiempo y del clima son: la radiación solar, la temperatura, la presión atmosférica, el viento, la nubosidad, la humedad y la precipitación.



Fuente: Peter Smithson, Ken Addison, Ken Atkinson, *Fundamentals of Physical Environment*, 4a. ed. India, Routledge, 2008.

Figura 1. La exposición de la Tierra a la radiación solar, en los solsticios y equinoccios.

Cada uno de los factores actúa con diferente intensidad y en combinaciones distintas sobre los elementos, y los hacen variar de manera diferente, originando los distintos tipos de clima (*idem*).

El clima es un factor que determina las condiciones ecológicas que se presentan sobre la superficie terrestre; además permite, pero al mismo tiempo limita, el desarrollo de las actividades antrópicas; es por ello, que la geografía se ha ocupado de una parte de su estudio.

Existen diversas clasificaciones de los climas, según los datos a los que se atiende para su establecimiento.

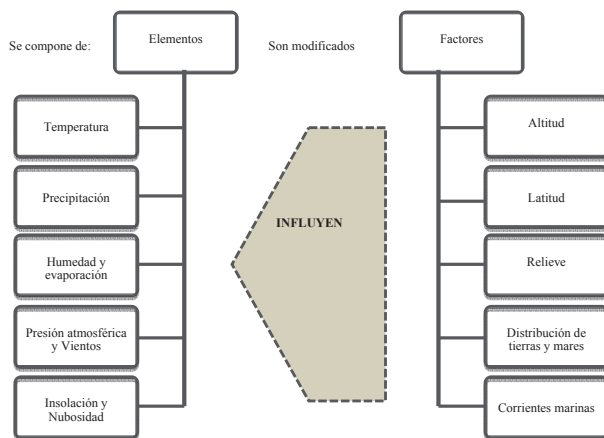
La ciencia que estudia y comprende el clima es la climatología, misma que es considerada rama de la meteorología, la diferencia radica en la escala espacial (observación mundial, hasta local) y temporal (sucesos a largo plazo).

En cambio, la geografía climática estudia, registra y describe al clima como un fenómeno espacial, tomando en cuenta los tipos particulares que se desarrollan desde escalas mundiales, regionales, locales o *microclimáticos*, los cuales se encuentran influenciados por la altitud, la latitud, las barreras orográficas, cubierta vegetal, actividades antrópicas, corrientes marinas, *cinturones climáticos*, entre otros.

Cuando una región, ciudad, localidad o ladera tiene un clima diferenciado del clima zonal decimos que es un *topoclima*. Asimismo, se considera un microclima al que no tiene divisiones inferiores, como el que hay en una habitación, debajo de un árbol o en una determinada esquina de una calle.

La altitud causa un descenso de las temperaturas, denominado “gradiente térmico vertical”, el cual consiste en el descenso de una media de 0.6 °C por cada 100 m de altitud; para ello, se han clasificado cuatro pisos climáticos o pisos bióticos en la zona intertropical, que son:

- *Macrotérmico*, se caracteriza por presentar temperaturas elevadas y constantes, ubicado entre el nivel del mar y los 800 a 1 000 msnm. En la clasificación de Köppen corresponde al clima A.
- *Mesotérmico*, también conocido como piso templado, se localiza desde los 800 a 1 000 hasta los 2 500 a 3 000 msnm. En la clasificación de Köppen corresponde al clima C.
- *Microtérmico*, conocido como piso frío, se ubica desde los 2 500 a 3 000 msnm hasta el nivel de las nieves perpetuas (aproximadamente a los 4 700 msnm). En la clasificación de Köppen corresponde al clima D.
- *Gélido*, helado o de nieves perpetuas, a partir de los 4 700 m de altitud, cota donde se ubica, aproximadamente, la isoterma de los 0 °C. En la clasificación de Köppen corresponde al clima E.



Fuente: *Entendiendo la geografía* [en línea]. <<http://entendiendolageografia.blogspot.mx/2010/10/elementos-y-factores-del-clima-en.html>>. (Adaptado por: Irma Edith Ugalde García.)

Figura 2. Elementos y factores del clima.

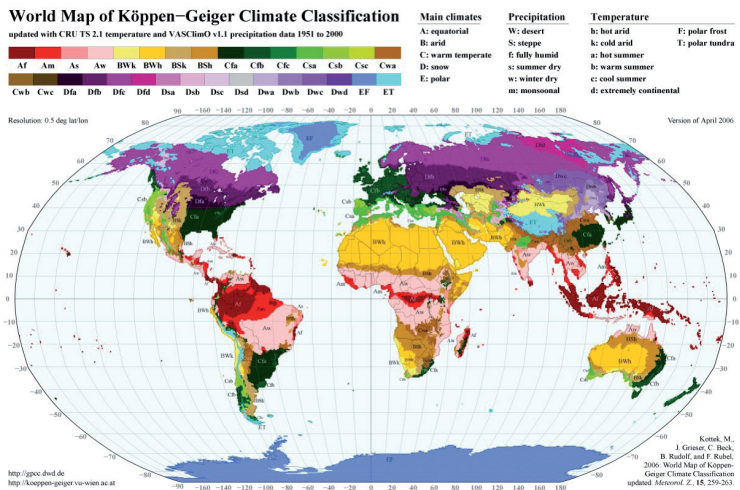
Distribución climática

Si se toma en cuenta la latitud y su influencia en el clima, se puede ver que el número de pisos climáticos disminuye, debido a que la influencia de la altitud va siendo sustituida por la de la misma latitud. La diferencia principal entre los pisos térmicos o climáticos en la zona intertropical y en otras zonas geoastronómicas es que, en aquella sólo se encuentran climas isotermos, mientras que en las zonas templadas las temperaturas varían considerablemente entre las estaciones debido a la distinta inclinación con que les caen los rayos solares durante el año y, por ende, a las distintas cantidades de energía solar que recibe la superficie terrestre a lo largo del año.

Clasificaciones climáticas

Muchos climatólogos han establecido sus propias clasificaciones climáticas, entre ellos cabe destacar a Wladimir Peter Köppen quien, en

1900, diseñó de manera empírica una *clasificación climática mundial* que fue posteriormente modificada en dos ocasiones: 1918 y 1936. Dicha clasificación está basada en los regímenes de las temperaturas y las precipitaciones; en ella se identifican con letras los diferentes valores que toman estas dos variables. Asimismo, limitó cada tipo climático en función de la distribución de la vegetación, reconociendo así cinco zonas bioclimáticas en el mundo: tropical, árida, templada, fría y polar (véase figura 3).



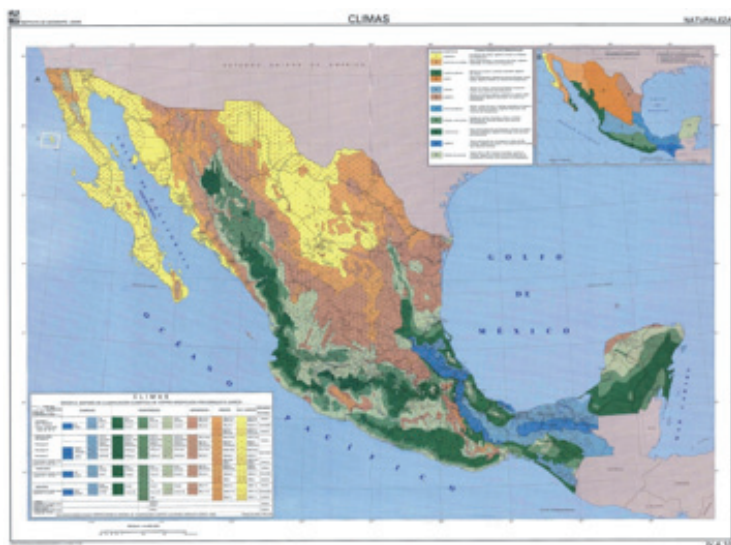
Fuente: M. Kottke *et al.*, 2006 [en línea]. <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>>.

Figura 3. Clasificación climática mundial.

Independientemente de la tipificación que se emplee, estos sistemas de clasificación climática resultan una herramienta primordial para diferentes profesionales como geógrafos, biólogos, agrónomos o veterinarios, entre otros; las sequías e inundaciones dañan las actividades agropecuarias e industriales, propician el brote de enfermedades, afectan la infraestructura, tanto en viviendas como en servicios públicos, con el consecuente impacto social, económico y ambiental.

Por su ubicación geográfica, México se encuentra en la zona de transición entre las áreas templada del norte y tropical del planeta que, junto con su posición entre los dos grandes océanos, el Atlántico y el Pacífico, favorecen la enorme variación de climas.

Actualmente, para entender la dinámica climática a escala regional del país, así como para delimitar las regiones hidrológicas o las zonas de alto riesgo hidrometeorológico, además de realizar planeaciones agropecuarias, entre otras, se utilizan las Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, realizadas por García (1964) para adaptarlo a las condiciones del territorio mexicano. Asimismo, considera la presencia de otros fenómenos como la canícula, la sequía intersticial, las heladas y los vientos dominantes, el déficit de agua, la evapotranspiración real media anual y el balance de agua por cuenca (véase figura 4).



Fuente: E. García, R. Vidal y M. E. Hernández, 1989 [en línea]. <http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra_mapa.php?cual_mapa=III-IV-4-10.jpg>.

Figura 4. Mapa de climas de México.

Es importante destacar que con estas modificaciones se alcanza una descripción muy detallada de las condiciones climáticas no sólo de México, sino también de otras regiones de Centro y Sudamérica donde se ha ido extendiendo el uso de dicho sistema.

Ambientes bioclimáticos

El clima es uno de los elementos primordiales que definen las condiciones ecológicas de los países, donde se desarrollan las actividades humanas, como los asentamientos humanos o las actividades agropecuarias y forestales, pero, al mismo tiempo, también las condicionan.

Walter (1976) acuñó el concepto de “bioma” para referirse a grandes unidades ecológicas que incluyen tanto al ambiente como a los componentes bióticos. Además, reconoció en la biosfera nueve biomas zonales o “zonobiomas” —ecuatorial, tropical, subtropical árido, mediterráneo, templado cálido, templado, templado árido, boreal y ártico—, cuyo mayor determinante es el clima. También marcó, dentro de los zonobiomas, la necesidad de establecer subdivisiones en función, fundamentalmente, de la cuantía y/o efectividad de las precipitaciones. (En *CICESE. Información bioclimática de Baja California* [en línea]. <<http://geologia.cicese.mx/ahinojosa/Bioclima/H1/Entrada.htm>>.)

Los factores meteorológicos que tienen principal influencia en las *características* de los tipos de clima son la *temperatura* y las *precipitaciones*, que determinan cuatro tipos principales:

- *Cálido*: temperaturas medias anuales superiores a los 18 °C y precipitaciones medias anuales abundantes y excesivas, superiores a los 1 200 mm.
- *Templado*: temperaturas medias anuales alrededor de los 15 °C y precipitaciones medias anuales suficientes y abundantes, entre los 500 mm y 1 000 mm.
- *Frío*: temperaturas medias anuales inferiores a los 10 °C y precipitaciones medias anuales variables.
- *Desértico*: gran oscilación térmica entre el día y la noche y precipitaciones insuficientes, menores a los 200 mm.

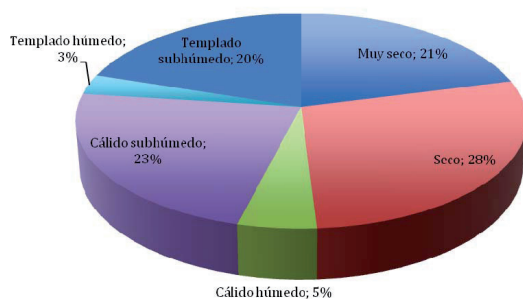
Cada uno de estos tipos de climas presenta divisiones, de acuerdo con la influencia de otros fenómenos atmosféricos que actúan junto a los mencionados, dando lugar a variaciones en sus características. El clima tiene fundamental importancia sobre la Tierra, especialmente sobre la vida que existe en ella:

- Modela el *relieve* e incide en la *distribución* de las *aguas continentales*.
- Determina la distribución de *vegetales* y *animales* (biomas).

La bioclimatología es *una ciencia ecológica que trata de clarificar las relaciones existentes entre organismos vivos y clima* (Rivas-Martínez, 1987).

Según INEGI (2005) México cuenta con seis tipos de climas, entre los que dominan los secos con un 28 %; cálido subhúmedo 23 %; muy secos 21 %, y templado subhúmedo 21 % (véase gráfica 1).

GRÁFICA 1. DISTRIBUCIÓN CLIMÁTICA DE MÉXICO



Fuente: Adaptado de Sergio Aguayo Quezada (2007-2008).

La vegetación de cualquier región es un indicador de los factores ambientales presentes en ella, entre los cuales el clima ocupa una posición crucial. El reconocimiento del clima como determinante esencial de la distribución de la vegetación en la Tierra, es un concepto establecido hace tiempo y asumido de forma generalizada en la actualidad. Así, el primero de los principios geobotánicos establecidos

por Good (1931) y Mason (1936) hace referencia a que la vegetación está primariamente determinada por factores climáticos, suponiendo los factores edáficos en un segundo nivel de regulación. La influencia que los factores climáticos pueden ejercer sobre la presencia de plantas es, en su mayor parte, de tipo indirecto, operando a través de la mediación de los factores bióticos, principalmente la competencia. Cualquier efecto climático directo debe ser interpretado como un fenómeno excepcional, y estos casos están principalmente restringidos a condiciones extremas, como las que prevalecen en el margen de los desiertos (CICESE, *op. cit.*)

Son frecuentes los conflictos cuando se trata de la determinación del mejor uso que se le puede dar a una área. Las presiones industriales, recreacionales y de desarrollo urbano en áreas agrícolas, por ejemplo, continúan incrementando la habilidad para producir satisfactores derivados de la agricultura en el volumen que se necesita y a un precio razonable, ya restringidos en algunas áreas. Los espacios que permanecen destinados a esta actividad, donde la bioclimatología es una herramienta cada vez más importante, deben ser aprovechados de forma óptima (*idem*).

Fenómenos meteorológicos extremos

Actualmente el clima impacta e influye en la concepción y el crecimiento en los seres vivos, pues determina su distribución, adaptación, dispersión y diversidad sobre el planeta Tierra y, por ende, la diversidad de paisajes naturales. También influye sobre el ser humano en la concentración de asentamientos humanos, el desarrollo de espacios agrícolas, urbanos e industriales y hasta en la salud y la enfermedad.

Desafortunadamente, el ser humano ha influido drásticamente en el clima, ya que al modificar y alterar la superficie terrestre, con deforestación de vegetación natural, cambios de uso de suelo, crecimiento de áreas urbanas, así como por la emisión de contaminantes y productos químicos, como el dióxido de carbono, a la atmósfera, ha provocado que algunos eventos naturales sean cada vez más devastadores, como por ejemplo los huracanes.

La destrucción del ecosistema de manglar, que se da dentro de la Reserva de la biosfera de Río Lagartos, en la zona de San Fernando-La Angostura, se ve reflejada durante la época de nortes y huracanes, debido a que estas comunidades de vegetación retienen y protegen de la fuerza de dichos fenómenos climáticos al estero y a sus habitantes (flora, fauna y poblaciones humanas); asimismo, protegen las playas y favorecen la formación de grandes depósitos de sal. En los últimos 40 años, la península de Yucatán se ha visto afectada por numerosos huracanes de diferentes magnitudes, sin embargo, en los últimos 20 años sólo dos de ellos, “Gilberto, 1988” e “Isidoro, 2002”, causaron graves daños a la población humana, así como a las comunidades bióticas que habitan la Reserva.

Actividades complementarias

1. ¿Menciona tres aspectos del clima que influyen en tu vida diaria?
2. ¿De qué manera influye el clima en el desarrollo de la vegetación? Ejemplifica.
3. Ingresa a la página web <<http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/calculadora-co2.html>> y realiza el ejercicio de calcular, ¿cuánto CO₂ generas al año? Una vez que lo hayas realizado, menciona qué opinas del resultado y qué medidas llevarías a cabo para disminuir el cambio climático.

Páginas de internet recomendadas

Cambio climático, <<http://www.cambioclimatico.gob.mx/>>.
Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, <<http://www.ciceana.org.mx>>.
Climate Hot Map. Global Warming Effects Around the World, <<http://www.climatehotmap.org/>>.
United Nations Framework Convention on Climate Change, <<http://unfccc.int/2860.php>>.
US Geological Survey. Earthshot. Satellite Images of Environmental Change, <<http://eros.usgs.gov/>>.

Ambiente hidrológico

● ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

En México, en el transcurso de un año llueven 1.51 billones de m³, durante el verano; 72 % se evapotranspira, 25.6 escurre en ríos y arroyos y 1.9 se infiltra y recarga acuíferos; estas fuentes de agua cumplen funciones ambientales esenciales para la vida y para el consumo humano (Conagua, 2007:26). Este capital hidrológico hace posible la formación de recursos hídricos epicontinentales, que se agrupan en ríos (68.2 %), presas (17.8 %), acuíferos (11.7 %), lagos, lagunas y humedales (2.3 %) [Arriaga *et al.*, 2000, citado en Caravias, 2005: 24-25].

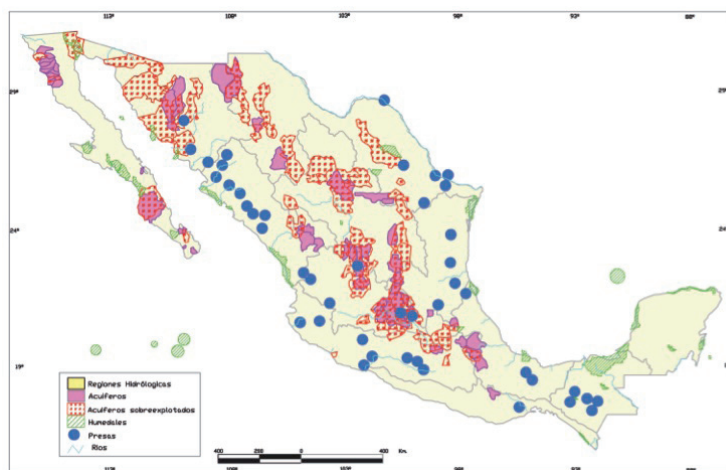
Recursos hídricos epicontinentales: ecosistemas dulceacuícolas

Ríos

La distribución espacial del agua superficial sigue un patrón semejante al de las lluvias, varía de cero milímetros al norte, en el desierto de Sonora, a más de 3 000 mm al sur, en las planicies costeras. En el sureste se genera más de 50 % del volumen general, en una superficie que representa 20 % del total nacional (Centro del Tercer Mundo, 2003).

El escurrimiento natural está formado por 50 ríos principales, que representan 87 % del total nacional, y sus cuencas envuelven aproximadamente 58 % del territorio nacional, del cual 65 % del escurrimiento pertenece al Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá. Se distribuyen en vertientes; en el Pacífico destacan por su longitud los ríos Culiacán, Balsas, Santiago y Sinaloa; en el golfo, de los más caudalosos son el Grijalva-Usumacinta y el

Bravo; de la vertiente interior el Lerma, Nazas y Aguanaval (véase figura 1).



Fuente: Con base en Conagua, 2008:14, 35, 43, 68 y 131.

Figura 1. Cuerpos de agua superficial e infraestructura.

Existen también zonas de escasa precipitación y suelos con baja retención de agua, carentes de drenaje superficial permanente, como el Bolsón de Mapimí, El Salado y las penínsulas de Baja California y de Yucatán.

El territorio mexicano posee ocho cuencas transfronterizas con Estados Unidos de América: el Bravo, el Colorado y el Tijuana; con Guatemala el Grijalva-USumacinta, el Suchiate, el Coatlán y el Hondo, que también comparte cuenca con Belice (véase figura 1).

Lagos y Lagunas

México está ocupado por más de 70 lagos, en 370 891 hectáreas, los más grandes se localizan en y Jalisco y Michoacán, en Jalisco se ubica el lago de Chapala, que tiene una extensión de 1 116 km² y una capacidad de almacenamiento 8 126 hm³, con una profundidad que oscila

entre 4 y 6 m; le siguen en importancia Cuitzeo, Pátzcuaro y Yuriria en Michoacán, con un volumen medio, almacenado de 920, 550 y 188 hm³ respectivamente, en la Región Hidrológica Administrativa (RHA) Lerma-Santiago-Pacífico (véase figura 1). En la región Golfo Centro se localiza el Lago Catemaco; en la del Balsas, el lago de Tequesquitengo y en la región Aguas del valle de México, el Nabor Carrillo (Conagua, 2008).

Humedales

Se trata de zonas cubiertas con agua de manera natural o artificial, permanentes y temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres y salados; su composición consta de tres elementos: agua, suelos hídricos y vegetación (hidrófila) asociada al cuerpo de agua en sus diferentes tipos, entre los cuales se destacan: los marinos, estuarinos, lacustres, ribereños y pantanosos. Según Abarca y Cervantes (1996) de los 557 millones de hectáreas de humedales en el mundo, la mitad están en América, desde Baja California Sur y Florida en el norte, hasta Perú y Brasil en el sur; México posee 0.6 %, de los cuales 0.3 % son epicontinentales.

Los humedales participan en el ciclo del agua, abasteciendo gran cantidad de bienes y servicios ambientales, además de ser hábitat para especies de fauna y flora silvestre. Cumplen funciones como la recarga y regulación de los mantos freáticos y, al mismo tiempo, mantienen una gran diversidad biológica; brindan protección contra tormentas e inundaciones, estabilizan la línea costera, controlan la erosión, retienen nutrientes y sedimentos, filtran contaminantes y estabilizan las condiciones climáticas locales; asimismo, proporcionan recursos naturales a las poblaciones locales, como productos madereros, alimentos y sal.

No obstante su importancia ambiental y su fragilidad, las acciones dirigidas a la conservación de estos ecosistemas son recientes. Gestiones que inician en la década de los setentas con el establecimiento de la Convención Ramsar, institución a la que México se integra en 1986, sin embargo, para 2008 el país contaba ya con 112 sitios Ramsar, cubriendo un área de ocho millones de hectáreas (Ramsar: 2008).

En cuanto a los humedales epicontinentales destacan: la laguna de Santiaguillo y la presa Guadalupe Victoria, en Durango; las lagunas Ba-

bicora, Los Mexicanos, de Bustillos, Fierro y Redonda, en Chihuahua; las zonas de humedales de Guanajuato; el lago de Cuitzeo, en Michoacán; el lago de Chapala, en Jalisco; el humedal de Tláhuac, en el Distrito Federal y Cuatro Ciénegas, en Coahuila, impactados en diverso grado por actividades humanas, debido a los beneficios económicos que ofrecen (véase figura 1). Entre las principales causas de pérdida de estos ecosistemas está la transformación de estas áreas para la acuicultura y la instalación de infraestructura urbana, portuaria, turística, agrícola e industrial.

En las lagunas costeras la distribución y prolongación de los manglares propician que México sea considerado uno de los países con mayor extensión de estos ecosistemas costeros; las costas del golfo son más húmedas que las del Pacífico, condición que provoca variable diversidad y composición, sin embargo, en el territorio nacional predominan cuatro especies —el mangle rojo, el negro, el blanco y el botoncillo—, de un total de 56 a nivel mundial. En 1976, el INEGI calculó una superficie de manglar de 1 041 276 hectáreas, con 69 % ubicado en la costa atlántica y 31 % en la del Pacífico. Para 2000 la superficie disminuyó considerablemente a 880 mil hectáreas, 62 % en golfo de México y 38 % en el Pacífico (INE, 2005).

Presas

En México existe una capacidad de almacenamiento de 150 mil millones de m³ en 4 mil presas, 667 de las cuales son consideradas grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas. El volumen de almacenamiento depende de la precipitación y los escurrimientos, en el periodo de 1990 a 2007, los millones de m³ que almacenan las principales presas se han comportado de manera irregular, aproximadamente cada cuatro o cinco años se reduce, aunque esta situación se agravó desde 1999 hasta 2002, cuando el volumen fue de 41 342 m³, considerando que para 2008 fue de 80 876 millones de m³ (Conagua, 2008).

La tradición hidráulica mexicana construyó presas desde tiempos de la Comisión de Irrigación, posteriormente la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y,

actualmente, la edificación de esta infraestructura está en manos de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), de acuerdo con el ámbito de sus competencias. Tradicionalmente las instituciones mexicanas construyen presas multifuncionales, las de mayor capacidad de almacenamiento como La Angostura (10 727 millones m³) y Malpaso (9 605) en Chiapas, son dedicadas a la generación de energía eléctrica y al control de avenidas; en este contexto, otras presas como Infiernillo y Temascal cumplen funciones similares (véase figura 1).

Otra finalidad de la construcción de presas es la irrigación de 6.46 millones de hectáreas, de las cuales 3.50 corresponden a 85 distritos de riego y 2.96 a más de 39 mil unidades de riego. Entre las presas más importantes, por su capacidad de almacenamiento, se encuentran Aguamilpa (en Nayarit), Las Adjuntas (Tamaulipas), Humaya (Sinaloa) y Oviachic (Sonora), ubicadas en el noroeste del país, que son parte de la zona agrícola más importante del país; aquí se localizan distritos de riego que abastecen a agroindustrias como La Costeña, El Fuerte, Bimbo y Sabritas.

Finalmente, se encuentran las presas dedicadas al abastecimiento de agua a centros de población, como Don Martín y El Cuchillo, ambas sobre el Río Bravo, y las presas Valle de Bravo que abastece al Estado de México y al D. F.; Cerro Prieto a Monterrey y San Gabriel a Durango.

Acuíferos

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, un acuífero es cualquier formación geológica por la que circulan aguas del subsuelo que, para su aprovechamiento, pueden extraerse mediante pozos, cuyos usuarios se concentran en una base de datos administrada por la Conagua; es un registro de carácter público que permite conocer el manejo y administración de las aguas nacionales superficiales y subterráneas (LNA, 1999, Art 3º: 3).

El agua subterránea, para su utilización, se ha dividido en 653 acuíferos (DOF, 5 de diciembre 2001); los más importantes, por su función de

abasto a asentamientos de población, se localizan en el sistema volcánico mexicano; entre ellos, los acuíferos del valle de Toluca, Amazcala y valle de Querétaro. En el norte del país, por las condiciones de aridez, se sobreexplotan, como ocurre con los acuíferos Principal de la Comarca Lagunera, Jiménez-Camargo, Casas Grandes y Mesa del Seri-La Victoria.

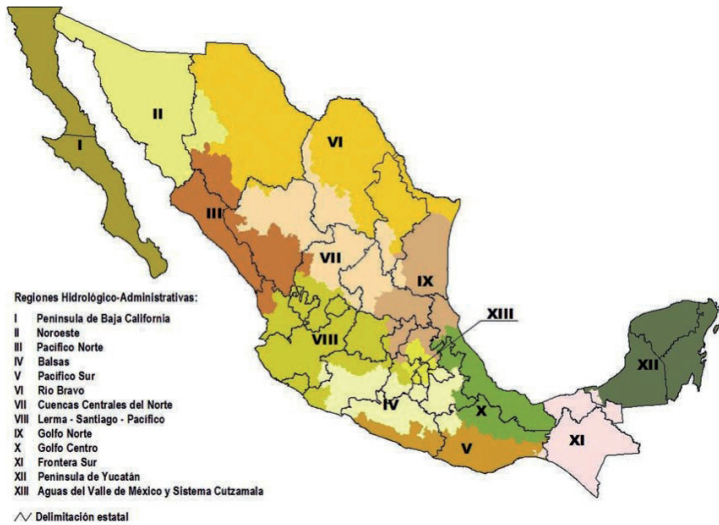
Abastecen de agua a 37 % de los usos agropecuarios, público urbano e industrial (28.9 miles de millones de m³ al año). La manera en que se utilizan ha propiciado sobreexplotación en 101 acuíferos situados en las regiones hidrológicas Cuencas Centrales del Norte (24) y Lerma-Santiago-Pacífico (32). Sobrellevan también otros conflictos, entre ellos la intrusión marina que se presenta en las regiones península de Baja California (valle de Santo Domingo y Vizcaíno) y Noroeste, condición que merma el abasto de agua, si se considera que la mayoría de la población del país que habita en zonas urbanas depende del agua subterránea (Conagua, 2008).

Las regiones península de Yucatán y frontera sur disponen de la mayor reserva del agua subterránea; en contraste y también en el sur, la zona con menor recarga en acuíferos es la Pacífico Sur. Los cuerpos de agua subterránea se caracterizan por tener mejor calidad que las aguas superficiales; no obstante, la dependencia humana de éstas carece de un diagnóstico confiable de aguas subterráneas. Otro conflicto asociado a estos cuerpos de agua es la salinización de suelos y aguas, situación que afecta la calidad del agua que almacenan los acuíferos; en total existen 17 en estas condiciones, localizados en las Regiones Hidrológico-Administrativas Cuencas Centrales del Norte, península de Baja California y río Bravo (*op. cit.*:43).

Cuencas hidrográficas

En el espacio geográfico están presentes los escurrimientos superficiales (hidrográficos) y subterráneos (acuíferos), sistemas que, por gravedad, transitan a un punto de acumulación común, la cuenca hidrográfica, unidad básica para el análisis espacial del agua. En el territorio nacional la Conagua ha definido 1 471 cuencas hidrográficas que, para fines de gestión del agua, se agrupan en 718 cuencas hidrográficas, concen-

tradas en 37 regiones hidrológicas y, a su vez, organizadas en 13 regiones hidrológico-administrativas (véase figura 2). En lo referente a las aguas subterráneas, como se mencionó, el país está dividido en 653 unidades hidrogeológicas [acuíferos] (*op. cit.*:22-23).



Fuente: Conagua, 2006:30.

Figura 2. Regiones Hidrológico-Administrativas.

En la tradición de la planificación hidráulica en México, las instituciones encargadas de este fin han elaborado regionalizaciones, principalmente orientadas a la gestión del agua, asimismo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), identificó y clasificó las regiones hidrológicas prioritarias para la conservación, cuencas que, en función de la biodiversidad que poseen y por su valor ambiental, económico y social, resulta fundamental proteger; se trata de 110 cuencas de las cuales 75 son consideradas de alta biodiversidad, ambientes acuáticos que mantienen un buen estado de conservación con respecto a sus condiciones naturales originales (Arriaga, 2000).

La disponibilidad media natural es de 458 mil millones de m³ de agua dulce renovable, sin embargo, su distribución es desigual; suma-

dos norte y centro tienen una disponibilidad natural media es 1 750 m³/hab/año, en cambio, la sureste tiene 13 487 m³/hab/año, como se indica en la figura 8 (Conagua, 2007). Con respecto a la disponibilidad natural media por habitante para 2007, fue de 4 312 m³/hab/año, habiendo disminuido notablemente, ya que en la década de los cincuenta era de 18 035 (Conagua, 2008:16).

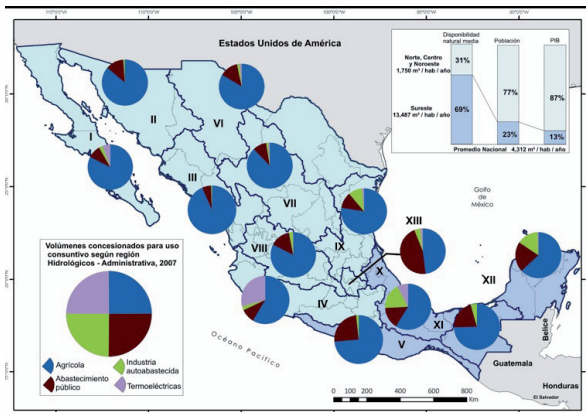
El capital hidrológico disponible natural superficial se concentra en la región Frontera Sur y el subterráneo en la península de Yucatán; en cambio, la distribución de la población mexicana se concentra en las regiones valle de México donde la disponibilidad por habitante es de 143 m³ y en Balsas con 2055 m³ anuales. Otro dato estadístico que muestra la dinámica espacial se refiere a los volúmenes de extracción, el cual indica que, durante 2007, las regiones que más millones de m³ extrajeron fueron Lerma-Santiago-Pacífico con 13 872.9, Balsas 10 778.1, Pacífico Norte 10 376 y las que menos agua demandaron fueron la región Pacífico Sur y Frontera Sur (Conagua, 2008: 61-62).

Usos del agua

Los recursos hídricos son valiosos en el desarrollo de una sociedad, situación que se refleja en la historia de los mexicanos, para quienes el agua ha sido y es fuente de vida; para su aprovechamiento se construyeron presas y canales de tierra (jagüeyes). En la actualidad, como se citó, la Conagua cuenta con el Registro Público de Derechos de Agua (Repda), base de datos pública en la cual se registran los usuarios de las aguas nacionales; igualmente clasifica los usos del agua en cinco grupos; cuatro son consuntivos: el agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida, y termoeléctrico; y, finalmente, el hidroeléctrico, clasificado como no consuntivo (Conagua, 2008).

Los recursos epicontinentales descritos cubren la demanda actual para usos consuntivos, que es de 78 949 miles de millones de m³; 63 % de este total es superficial y el restante 37 % subterráneo. En el contexto geográfico, en este rubro se evalúa el espacio social construido (socioeconómico e infraestructura de abasto), aquí surge la pregunta, ¿cómo se aprovecha el agua en el territorio nacional?, 77 % se emplea en la

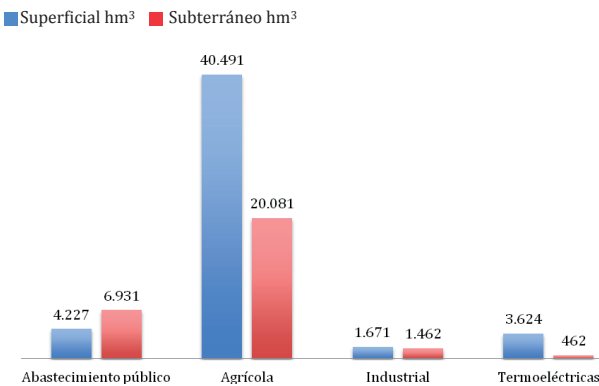
agricultura (véase figura 3); 14 % es público urbano; las termoeléctricas demandan 5 % y, por último, la industria autoabastecida cuenta con 4 %, sin embargo, al observar la gráfica de la gráfica 1, resulta evidente la dependencia y sobreexplotación de los cuerpos de agua superficial.



Fuente: Elaborado con base en Conagua, 2008:16, 61 y 62.

Figura 3. Regiones Hidrológico-Administrativas. Disponibilidad y usos del agua, 2007.

GRÁFICA 1. VOLUMEN DE AGUA CONCESIONADO PARA USOS CONSUNTIVOS, 2007



Fuente. Con base en Conagua, 2008:56.

Agrícola

El aprovechamiento agrícola se destina al riego de 6.46 millones de hectáreas, de las cuales 3.50 corresponden a 85 Distritos de Riego (DR), y 2.96 a más de 39 mil Unidades de Riego de origen superficial en un 67 %. Los DR de mayor extensión son el 25 bajo río Bravo en Tamaulipas (RH VI), 41 río Yaqui en Sonora (RH II), 75 Río Fuerte y 10 Cuiliacán Humaya ambos en Sinaloa (RH III) y 14 río Colorado en Baja California y Sonora (RHI). En cuanto a Unidades de Riego, la mayor extensión se concentra en Guanajuato, Michoacán, Zacatecas, Chihuahua y Tamaulipas; laboran mediante riego por gravedad en parcelas, tecnología básica comparada con la que poseen los DR, que disponen de vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros componentes.

La competencia progresiva con los usos público, urbano e industrial ha originado la necesidad de utilizar aguas residuales para el riego, sin embargo, es poca la infraestructura de tratamiento de residuales, e incluso, las deficiencias llegan a sistemas de medición y entrega de agua en redes principales y a nivel parcelario. Esto propicia la extracción clandestina o en volúmenes mayores a los autorizados, con la intención de poder cultivar la mayor cantidad de tierra y recuperar la inversión. La dependencia incuestionable de la sociedad por el agua crea complejas y diversas relaciones espacio-ambientales; la competitividad por el agua es intensa, como muestra se tienen los volúmenes de agua necesarios para obtener un bien o servicio, por ejemplo, para producir 1 litro de leche se requieren aproximadamente 1 000 de agua, y para un 1 kilogramo de carne de res, 13 500 litros de agua.

Agua para abasto público urbano

Del agua que se destina al abastecimiento público 62 % procede de pozos subterráneos y 38 % es superficial. En este rubro, a través de las redes de agua potable, 82 % se entrega para uso doméstico y el restante 18 % a industrias y servicios. Las regiones hidrológicas con mayor demanda son la XIII valle de México que utiliza 2 137.6 hm³, VIII Lerma

Santiago-Pacífico emplea 2 002.4 hm³, VI río Bravo 1 182.2 hm³ y IV Balsas 1 014.3 hm³. La infraestructura de abasto de agua se revela mediante los principales acueductos de México, por orden de caudal de diseño: Usapanapa-La Cangrejera, destinado a industrias concentradas en el sur de Veracruz (caudal 20 000 l/s); Sistema Cutzamala (19 000 l/s) y Lerma (14 000 l/s) abastecen a la zona metropolitana de la ciudad de México; para proveer a Guadalajara, el Chapala-Guadalajara (caudal 7 500 l/s); a Monterrey El Cuchillo-Monterrey (5 000 l/s) y Linares-Monterrey (5 000 l/s), a Tijuana y Tecate les suministra el río Colorado-Tijuana (4 000 l/s) (Conagua: 2008:58-59).

Al valorar los volúmenes de extracción de agua y su correlación con la distribución de la población, las regiones hidrológicas que contienen a las zonas metropolitanas de México (RH XIII) y de Guadalajara (RH VIII) demandan los mayores consumos en el país, por contraste, las regiones hidrológicas Frontera Sur, Golfo Sur y Cuencas Centrales del Norte, consumen de 446 a 332 hm³ al año. Asimismo destaca la demanda de la región Noroeste, la menos poblada, pero la quinta en cuanto a extracción de agua, situación que deja la interrogante ¿Quién utiliza mayor volumen de agua, la agricultura, las industrias o la demanda doméstica?

Por otra parte, si se considera el contexto estatal, los mayores rezagos en el abasto de agua suceden en Oaxaca y Chiapas.

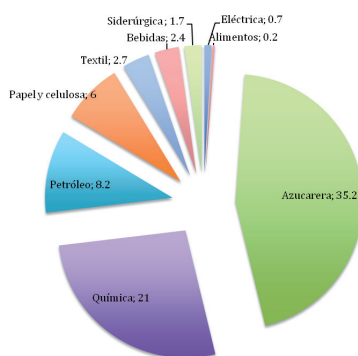
Uso en termoeléctricas

El aprovechamiento termoeléctrico se refiere al agua utilizada en centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbogás y de combustión interna. En 2007 generaron en conjunto 198.79 TWh, que equivalen a 87 % de la energía eléctrica generada en el país, utilizando preferentemente agua superficial (89 %). Con respecto al comportamiento espacial, se concentra en la RH IV Balsas, con un volumen total de 3 170.2 hm³, es decir 77 % del total nacional destinado a este rubro; se aprovecha en la planta carboeléctrica Petacalco, colindante con la desembocadura del río Balsas, en las costas de Guerrero (Conagua, 2008:59).

Uso en industria autoabastecida

Se refiere al agua que toman las industrias directamente de cuerpos de agua superficial (53 %) y de acuíferos (47 %) y que descargan los residuales a cuerpos receptores. Las mayores extracciones se concentran en las RH Golfo Norte y Centro, que coinciden con la actividad industrial en Veracruz, la cual demandó en 2007, 1 150.6 hm³. Las ramas industriales que utilizan 80 % del agua destinada a este rubro son la producción de azúcar, petróleo, químicas, celulosa y papel, textil, bebidas, siderúrgica, eléctrica y alimentos (véase gráfica 2). Las que utilizan mayor volumen de agua se localizan en Quintana Roo, Estado de México, Michoacán, Jalisco, Puebla y Tamaulipas, entre otros. El 58 % del consumo total industrial se utiliza en enfriamiento; 32 % en procesos; 6.5 % en calderas y 3.5 % en servicios (Ramírez, 1992:11).

GRÁFICA 2. DEMANDAS DE AGUA DE LOS PRINCIPALES GIROS INDUSTRIALES EN MÉXICO



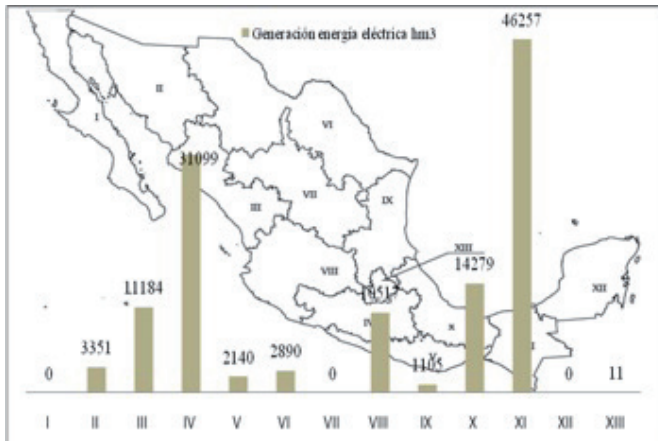
Fuente: Castelán Crespo, (s/f):37.

El aprovechamiento del agua en la actividad industrial es diverso, desde las industrias denominadas “secas”, hasta aquellas que demandan grandes volúmenes de agua, sin embargo, la ubicación de las zonas industriales próximas a los centros de consumo, principalmente urbanos, provoca competencia entre el uso industrial y el doméstico. Esta con-

dición se complica si se considera que las industrias cuentan con pozos propios y en muchos casos los consumos no reportados al Repda.

Uso en hidroeléctricas

La generación de energía hidroeléctrica es un uso no consuntivo, ya que el agua utilizada no se consume. Las RHA que concentran mayores volúmenes para generar energía eléctrica, son la XI Frontera Sur, en la cuenca del Grijalva, donde se encuentra el mayor desarrollo hidroeléctrico del país, formado por las centrales Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas; en conjunto producen al año 4 800 MW, 45.4 % de la capacidad hidroeléctrica nacional; en la región IV Balsas, las centrales Caracol, Infiernillo y La Villita generan 17.8 %. Otras centrales que producen el restante 36.8 % se encuentran en los ríos Santiago, Pánuco, Papaloapan, Yaqui, El Fuerte y Culiacán. En conjunto emplearon 122.8 miles de millones de m³ de agua y generaron 29.7 TWh de energía eléctrica, 13.0 % de la generación total del país (véase figura 4).



Fuentes: Con base en Conagua, 2008:60-61 y CFE, 2008:2-4 a 2-6.

Figura 4. Volumen concesionado para uso de agua en hidroeléctricas según Región Hidrológico-Administrativa, 2007.

El grado de presión sobre el recurso es resultado de la relación porcentaje de agua aprovechada para usos consuntivos y disponibilidad total; en general el espacio nacional tiene una presión de 17 % que, de acuerdo con estándares internacionales, es moderado, pero a nivel regional las zonas centro y norte ejercen una fuerte presión de 47 %, que difiere con la región sur que posee valores inferiores a 10 %.

Servicios básicos: agua potable y alcantarillado

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática en el Censo de 2005 estimó que la población en México era de 103 263 388 millones de habitantes; 79 % de esta población se concentra en áreas urbanas y el restante 21 % en rurales; zonas en las que aproximadamente 10 % está dispersa en pequeñas localidades de menos de 1 000 habitantes; esta condición hace costoso dotarlas de los servicios de agua potable y alcantarillado.

La cobertura de servicios básicos de agua potable y drenaje son una manifestación espacial de la consolidación urbana del territorio nacional (Capitanachi, 2001:51).

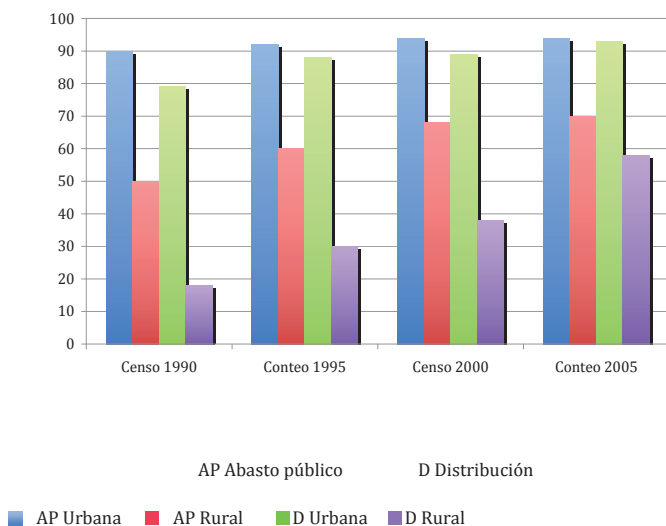
Agua potable

Durante 2007, 89.8 % de las viviendas poseía agua potable, de éstas 87 % disponía de agua entubada en el terreno y 2.1 % de otra forma de abastecimiento. Estas cifras incluyen a los usuarios con agua entubada dentro de la casa, fuera de la vivienda, toma pública y sistemas informales, aunque no hacen referencia a la calidad. La responsabilidad de proveer de agua potable por ley (Ley de Aguas Nacionales, Art. 45) corresponde a los municipios, que compran a la Conagua el agua en bloque, la potabilizan y distribuyen a las viviendas (Conagua, 2008).

La evolución en la infraestructura de abasto de agua, de 1990 a 2005, se ha sostenido de 93 a 95 %; en las poblaciones rurales durante el mismo periodo, es de 50 a 57 %, en muchas ocasiones la obtienen de ma-

nantiales, cenotes, norias, jagüeyes, ríos, pozos, aljibes y cualquier forma de captación y almacenamiento de agua de lluvia (véase gráfica 3).

GRÁFICA 3. COBERTURA DE LA POBLACIÓN CON AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, SEGÚN ÁMBITO URBANO Y RURAL EN MÉXICO, SERIE DE AÑOS CENSALES 1990 A 2005



Fuente: Con base en Conagua, 2008:79.

Potabilización

En 1996 el caudal de aguas potabilizadas era de 72.3 m³/s, en un plazo de 10 años, para 2007 la Conagua reportó 86.4 m³/s, procesados en 541 plantas potabilizadoras; Sinaloa cuenta con la mayor infraestructura en operación, 142 plantas, seguida por Tamaulipas con 55, Tabasco y el D. F., cada una con 35. Con respecto al caudal, en el D. F. se potabilizan 16.72 m³/s; en Tamaulipas 11.49, y en Jalisco 9.49.

Las 541 plantas potabilizadoras del país cuentan con una capacidad instalada de 126 491.95 l/s; en conjunto depuran un caudal de 86 393.15 l/s. En consideración al número de plantas, destaca Sinaloa, con 142 plantas y en cuanto al caudal potabilizado, el Estado de México con 16 716.00 l/s.

Alcantarillado

La cobertura de alcantarillado indica a las personas cuyas viviendas están conectadas al sistema de alcantarillado municipal, a una fosa séptica o a una barranca; de acuerdo con datos que presenta la Conagua en sus *Estadísticas del Agua en México*, edición 2008, en un periodo de 20 años la consolidación de este servicio no ha tenido importantes progresos.

La evolución de la cobertura nacional de 1990 a 2005, al inicio del ciclo, fue de 61 %, de la cual 50 % estaba conectado a la red pública; para el final del periodo alcanzó 85.6 %. Con respecto a la calidad, durante 2005, 67 % de los habitantes en el territorio nacional contaba con el servicio conectado a la red pública; 15.9 % a fosa séptica y otros que tenían como desagüe una barranca, grieta, lago o mar representaban 2 %.

El comportamiento a nivel de estado revela que Oaxaca, Guerrero y Yucatán tienen los porcentajes de cobertura de alcantarillado más bajos.

El acelerado crecimiento de la población y la urbanización han propiciado que los servicios básicos de mejor calidad se concentren en las zonas urbanas; en las ciudades mexicanas es común que los sistemas municipales encargados de la distribución del agua potable se ocupen también del abasto de agua potable y del drenaje en los asentamientos urbanos; sin embargo, no se ocupan del control de las aguas negras de sus regiones rurales. En ambos servicios básicos ocurre una desigualdad en la calidad del servicio que reciben las zonas urbanas con respecto a las rurales (véase gráfica 3).

Estas situaciones pueden afectar incluso a la salud pública, motivo por el cual los Servicios de Salud son los encargados de monitorear la calidad del agua potable y la composición de las aguas negras municipales, mediante el Programa Agua Limpia en espacios rurales y en zonas urbanas, a través del monitoreo de los sistemas de distribución de agua potable y del alcantarillado (véase cuadro 1).

Entre las áreas más destacadas en este rubro se menciona a la ciudad de México, ubicada en una cuenca endorreica, con ancestrales problemas de inundaciones; la zona urbana ha sido objeto de importantes obras de drenaje, como la construcción del Sistema de Drenaje Profundo en 1975 y, recientemente, se iniciaron los trabajos del Túnel Emisor

CUADRO 1. PROGRAMAS DE AGUA POTABLE
Y MANEJO DE RESIDUALES QUE OPERAN EN MÉXICO

- Programa de Devolución de Derechos (Prodder)
- Programa Modernización de Organismos Operadores de Agua (Promagua)
- Agua Potable, Alcantarillado y Sanemiento en Zonas Urbanas (APAZU)
- Programa Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (Prossapys)
- Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales (Prosanear)
- Programa Agua Limpia (PAL)
- Programa Fondo concursable para el tratamiento de aguas residuales

Fuente: Conagua, 2009.

Oriente, considerado por la Conagua como la obra que resolverá la problemática del sistema de drenaje de la ciudad y su zona conurbada, con una capacidad de desalojo de hasta 150 metros cúbicos de aguas residuales por segundo; con ello se abatirá el riesgo de inundaciones.

El tratamiento de aguas residuales durante 2007, reportado por la Conagua, indica la operación de 1 710 plantas que tratan 79.3 m³/s, con lo que se trata 38 % del total que se recolecta en el sistema de alcantarillado (Conagua, 2008:86), mientras que sólo se trata 15 % de las aguas residuales industriales, que descargan directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional (Semarnat, 2007:111).

Dos conceptos ligados al uso del agua: huella hídrica y agua virtual

El agua virtual es la cantidad de agua que se utiliza o integra a un producto; este concepto, elaborado por John Antony Allan, de la Universidad de Londres en 1993, permite calcular el uso real del agua de un país; en México se requieren, en promedio, 1 000 litros de agua para producir un kilogramo de trigo y para llevar un kilogramo de carne de res a la mesa de una familia se necesitan 13 500 litros de agua (Conagua, 2008:63).

La “water footprint” o huella hídrica, se puede calcular a nivel de individuo, comunidad, comercio o país, y es el volumen total de agua

dulce para producir los bienes y servicios. Ambos conceptos permiten comprender la interrelación naturaleza-sociedad en una dinámica espacial; el acceso al agua es un derecho humano, pero dependiente de la económica global.

El intercambio comercial entre países también puede expresarse en términos de agua virtual; México, para 2007, exportó 5 936 millones de m³ de agua virtual e importó 33 977; 57 % de productos agrícolas, 36 % de productos animales y 7 % de productos industriales como se indica en la tabla.

La huella hídrica es un concepto flexible en el sentido del nivel al que se aplica; el desayuno de un individuo (véase cuadro 2) con una dieta basada en carne, tiene una huella mayor que el de una persona vegetariana, un promedio de 4 000 litros de agua contra 1 500; en cambio, entre países, los de mayor huella son Estados Unidos, Canadá, Italia, Francia, España y Grecia. Es conveniente aclarar que los conceptos comprenden alimentos y otros bienes y servicios necesarios en la vida cotidiana de una persona o en la económica de un país. Todos los seres humanos somos usuarios del agua, un recurso esencial para el funcionamiento de nuestro organismo y, en general, para la vida en el planeta, por lo que es responsabilidad de las sociedades humanas tratarse de países, regiones o individuos, hacer un aprovechamiento sustentable.

CUADRO 2. CONSUMO DE AGUA VIRTUAL A NIVEL INDIVIDUO
E INTERCAMBIO COMERCIAL

<i>Agua virtual</i>	<i>Intercambio comercial de agua virtual de México</i>	
<i>Necesaria para producir un desayuno (litros)</i>	<i>Exportó (millones de m³)</i>	<i>Importó (millones de m³)</i>
1 vaso de jugo de naranja (200ml) 170	Frutos comestibles.....1 049	Cereales..... 11 367
1 plato de papaya (200g)..... 62	Despojos comestibles..... 767	Carnes y despojos comestibles.....10 046

<i>Agua virtual</i>	<i>Intercambio comercial de agua virtual de México</i>	
<i>Necesaria para producir un desayuno (litros)</i>	<i>Exportó (millones de m³)</i>	<i>Importó (millones de m³)</i>
2 huevos revueltos (80g).....270	Legumbres y hortalizas 740	Semillas y frutos 6 815
Jamón (30g) 260	Productos industria siderúrgica.....656	Productos de la industria siderúrgica 908 hm ³
3 tortillas de maíz (75g)..... 150		Productos químicos orgánicos 357 hm ³
1 vaso de leche (200ml).....200		
Con chocolate (15g)...256		
Total 1 368	Total 5 936	Total 33 977

Fuente: Con base en Conagua, 2008 y Semarnat, 2007.

Parte de la información referida fue tomada del portal *Lareserva.com*, disponible en: <http://www.lareserva.com/home/huella_hidrica_el_agua_virtual>.

Actividades complementarias

1. Investiga cuáles son los manglares más altos en el continente americano y que se localizan en México.
Investiga la huella hídrica de México y compárala con la de Estados Unidos de América, China y España.
2. Averigua cuáles son los principales acueductos de México e indica fuente, caudal, a quién abastecen y organiza la información en un cuadro.
3. Consulta el portal de la *Comisión Nacional del Agua* e identifica el Repda, explica cuál es su función y comenta los mapas que se pueden elaborar con la información que despliega.

Páginas de internet recomendadas

Comisión Nacional del Agua, disponible en: <http://www.conagua.gob.mx>
Capacity Building for integrated Water Resources Management, disponible en: <http://www.cap-net.org/>.

Global Water Partnership, disponible en: <http://www.gwpforum.org/servlet/PSP>.

Portal Virtual de Información del Agua, disponible en: <http://www.agua.org.mx>.

Ambiente terrestre

Tiene como soporte la capa sólida superficial de la corteza terrestre, en la cual se desarrollan los procesos naturales, económicos, sociales y culturales que permiten la supervivencia de las comunidades humanas y sus diversas actividades económicas: agrícolas, pecuarias, forestales, industriales o culturales. En este sistema complejo se pueden identificar tres componentes fundamentales que representan la base de las actividades económicas y permiten la instalación y persistencia de los grupos humanos:

- El potencial geológico en relación con la minería.
- Los suelos de México en relación con la producción de alimentos.
 - Diversidad de suelos en México.
 - Los suelos en el contexto socioeconómico.
- Diversidad de la cubierta vegetal en relación con las actividades económicas.
 - Pastizales y praderas.
 - Cubierta forestal de México.

La geografía minera contemporánea

● MARÍA TERESA SÁNCHEZ SALAZAR¹

La minería, o mejor llamada industria minero-metalúrgica es, en el contexto del proceso económico, una actividad secundaria,² debido a que los recursos naturales que explota —no renovables—, no pueden ser consumidos directamente tal y como se extraen de la naturaleza, sino que necesitan pasar por un proceso de beneficio primario que implica una primera transformación para concentrar el mineral valioso, antes de poder pasar a las siguientes etapas del proceso industrial.

La minería junto con la metalurgia, su actividad complementaria, están comprendidas dentro del sector de la industria básica o pesada, pues producen bienes que, en general, poseen poco valor agregado. Las etapas del proceso económico de la industria minero-metalúrgica son: exploración, desarrollo, extracción, beneficio primario, fundición y refinación. De la refinación se derivan minerales de gran pureza que pasan a otras ramas de la industria manufacturera, —como la metal-mecánica, automotriz, de maquinaria y equipo, entre otras— para la elaboración de bienes de consumo final (Sánchez, 1990).

A partir del decenio de 1980 la geografía minera mexicana ha registrado transformaciones importantes en el contexto de la globalización económica y de la adopción de políticas de corte neoliberal. Entre los

¹ Se agradece a María de Lourdes Godínez Calderón, técnico académico del Instituto de Geografía, su colaboración en la elaboración del mapa y los cuadros que acompañan a este tema.

² La minería, en sus orígenes, fue considerada una actividad primaria porque los minerales se extraían del subsuelo en estado nativo, —en particular el oro, la plata, el cobre, el estaño— de manera que su alta concentración en la roca madre permitía que pudieran ser separados de ella mediante métodos muy simples y ser directamente utilizados y transformados por el hombre.

cambios estructurales más relevantes destacan la adopción de una nueva Ley Minera, la liberación de las reservas mineras controladas por el Estado, la privatización de las empresas mineras públicas, el aumento en la duración de las concesiones otorgadas para exploración y explotación de yacimientos, y el aumento de la inversión extranjera en proyectos mineros, en particular la procedente de Canadá y Estados Unidos (Coll *et al.*, 2002).

Todos estos eventos han modificado la estructura y organización territorial de la minería mexicana. En primer lugar, ha aumentado la participación de la gran minería privada, a través de la presencia de consorcios nacionales y extranjeros, con lo cual el tamaño de las unidades mineras y su capacidad de producción se han incrementado notablemente; en contraste, se aprecia una disminución de la participación de la mediana y pequeña minerías.

Asimismo, paralelamente a la concentración empresarial, ha habido una concentración geográfica de la actividad: nuevos espacios mineros se han incorporado a la producción y otros espacios tradicionalmente mineros han sido revalorizados, sobre todo aquellos con notable riqueza en minerales metálicos preciosos, en particular el oro.

Las enormes inversiones realizadas por los grandes consorcios privados han favorecido la incorporación de innovaciones tecnológicas en los procesos de extracción y beneficio de los minerales, que han incrementado los ritmos de producción, la eficiencia del proceso productivo en términos de la recuperación de mineral de alta riqueza, y han reducido de manera importante sus costos. Sin embargo, las nuevas tecnologías y los sistemas de producción adoptados son potencialmente más agresivos hacia el ambiente biofísico, efecto que se ve acrecentado por el aumento en los volúmenes de mineral extraído y beneficiado.

De ahí que el objetivo de este apartado sea presentar el papel y la importancia que tiene la minería mexicana contemporánea en el contexto de la economía, su estructura empresarial y productiva y, como resultado de ésta, las interacciones que establece con el medio físico-geográfico, haciendo énfasis en su impacto ambiental.

La minería en la economía nacional

Si bien la minería en México ha dejado de tener la importancia económica que tuvo en otras épocas de la historia económica del país,³ actualmente sigue siendo una actividad relevante a nivel regional y local, debido a que se desarrolla en entornos geográficos extremos en cuanto a topografía y clima, en los cuales, en muchas ocasiones, difícilmente pueden prosperar otras actividades económicas, como ocurre en las zonas montañosas abruptas de difícil acceso y comunicación, en las áreas desérticas o semidesérticas o, incluso, en ambientes tropicales. En todos ellos la minería permite la construcción de infraestructura, la creación de empleos y una derrama económica local que puede paliar, en cierta medida, la situación de pobreza que enfrentan algunas regiones del país en donde la agricultura de temporal y la ganadería extensiva o el pastoreo que se llegan a practicar permiten que la población escasamente sobreviva. En 2008 la minería representó sólo 1.4 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país (Camimex, 2009); es responsable de la creación de 291 000 empleos directos y de 1 500 000 empleos indirectos (*idem*).

No obstante, su limitada participación en el PIB nacional, México destaca a nivel mundial por la producción de 18 minerales metálicos y no metálicos, en los cuales se ubica entre los 12 primeros lugares. Ocupa el segundo lugar en la producción de plata, bismuto y fluorita (13, 20 y 18 % de la producción mundial, respectivamente); el tercero en celestita, el cuarto en wollastonita y diatomita, el quinto en plomo, el sexto en cadmio y molibdeno, el séptimo en zinc, sal y grafito, el octavo en barita y manganeso; el décimo en feldespato y el duodécimo en oro y cobre (*idem*). Lo anterior es resultado, en primer lugar, de la variedad y complejidad de los procesos geológicos y tectónicos vinculados con la actividad ígnea y metamórfica a los que ha estado sujeto el territorio nacional a lo largo de su evolución, los cuales explican el alto potencial y la diversidad de sus recursos minerales metálicos y no metálicos dis-

³ La minería, históricamente, ha sido una actividad económica de gran importancia que ha contribuido a la estructuración y organización de los espacios económicos del país, especialmente desde la época colonial hasta el porfiriato, en virtud de que la vocación minera del país está inscrita en las entrañas de su territorio (Sánchez, 1990).

tribuidos en la mayor parte de su territorio, a excepción de la llanura costera del golfo de México y la plataforma yucateca y, en segundo lugar, las políticas neoliberales aplicadas por el Estado de 1982 a la fecha, entre las que destacan las modificaciones a la legislación minera, la privatización de las empresas estatales y la apertura a los capitales extranjeros, que han provocado cambios en la estructura de la minería, al impulsar la inversión extranjera en la exploración y la explotación de yacimientos minerales en diversas partes del territorio del país, el aumento en el tamaño de las unidades productivas y en la magnitud de sus operaciones y la adopción de innovaciones tecnológicas, lo cual se refleja también en la intensificación de su impacto ambiental negativo.

En 2008 México ocupó el cuarto lugar mundial por sus inversiones en exploración minera, detrás de Canadá, Australia y Estados Unidos, con un total de 756 millones de dólares, que representan 6 % de la inversión mundial en dicho rubro y también ocupó el primer lugar entre los países de Latinoamérica, por delante de Perú, Chile y Brasil (Camimex, 2009). Los principales países que invierten en la minería mexicana son Canadá (75 % de la inversión extranjera total en minería, realizada por 196 empresas de ese país,⁴ seguido por Estados Unidos (15 % de la inversión extranjera total con la presencia de 36 empresas) y, en menor medida, por el Reino Unido, Australia y Japón (6 % de la inversión extranjera total, con 13 empresas mineras en conjunto; SGM, 2009).

La intensificación de la exploración minera en México gracias, sobre todo, a la inversión extranjera, ha dado como resultado la identificación de yacimientos denominados “de clase mundial”, algunos de los cuales han sido desarrollados y han iniciado su explotación en los últimos años, principalmente en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Sinaloa y Zacatecas (24, 15, 11, 11 y 7 % del total de proyectos mineros de empresas extranjeras, respectivamente), aunque también destacan San Luis Potosí y Guerrero (2 %, del total de proyectos en cada caso; SGM, 2009) (véase figura 1). Cabe destacar que la gran mayoría de las inversiones de las empresas extranjeras se canalizan sobre todo

⁴ Un gran número de estas empresas inversoras son las denominadas “*juniors*”, financiadas con capital de riesgo a través de la emisión de acciones en la Bolsa de Valores de Toronto.

hacia las actividades de exploración (85 % del total) y se orientan primeramente a la búsqueda de oro, y luego a la de plata, cobre y minerales polimetálicos en ese orden, lo cual, como se verá posteriormente, se ha reflejado en los cambios en la estructura de la producción minera de los últimos años (*idem*).



Figura 1. Municipios mineros más importantes del país, 2008

Como resultado de la inserción del país en el proceso de globalización económica y de la adopción de políticas neoliberales, la minería ha experimentado un proceso de concentración empresarial y productiva que se ha acentuado a partir del inicio del tercer milenio. En 1984 la gran minería privada y del Estado concentraban, conjuntamente, 85 % del valor total de la producción minera (U.S. Bureau of Mines, 1988, citado en Sánchez, 1990). En 2008 la gran minería privada concentró 100 % de la producción nacional de antimonio, bismuto, cadmio, feldespato, manganeso, molibdeno y hierro; 97.4 % de la producción total de cobre, 90.2 % de la de zinc, y más de 80 % de la de oro, plata, plomo, fluorita, sal y carbón, que son los minerales de mayor importancia en el mercado mundial (SGM, 2009). Por su parte, en 1970, la

mediana y pequeña minerías sólo aportaban 15 % del valor total de la producción minera (U.S. Bureau of Mines, 1988, citado en Sánchez, 1990), en tanto que en 2008 la mediana minería participó en forma importante en la producción de minerales no metálicos como diatomi-
ta, sulfato de magnesio, sulfato de sodio, grafito y wollastonita (100 % de la producción nacional); caolín, dolomita, yeso y barita (de 83 a 71 % de la producción total), aunque también contribuye de forma limitada en la producción de oro, plomo, plata y carbón (16, 13, 11 y 12 % de la producción, respectivamente). Por último, la pequeña minería sólo destacó en la producción de fosforita con el 100 % del volumen total; de barita, yeso, sal y carbón (27, 20, 10 y 6 % de la producción total, respectivamente) [SGM, 2009].

Los grupos empresariales privados nacionales y extranjeros que concentran el mayor volumen de producción, sobre todo de minerales metálicos preciosos e industriales y minerales siderúrgicos, son destacados en el cuadro 1.

La participación de las empresas privadas extranjeras en la minería mexicana ha modificado la importancia relativa de los diferentes minerales en el valor de la producción, en función del tipo de minerales en los que se especializan. En 2008 el valor de la producción minero-metalúrgica nacional fue de 10 489 millones de dólares. Por su participación en el valor total destaca, en primer lugar, el cobre con 22 % de dicho valor, cuya producción se concentró básicamente en las minas a cielo abierto del estado de Sonora (municipios de Nacozari de García, Cananea, Álamos y Santa Cruz) y, en menor medida, también participaron los estados de San Luis Potosí (municipio de Villa de la Paz) y Zacatecas (municipio de Morelos) [véanse cuadro 1 y figura 1].

En segundo lugar, y por primera vez en la historia, la producción de oro rebasó a la de plata (16 y 15 % respectivamente del valor total de la producción minera) debido a la reciente apertura de nuevas minas de oro manejadas por empresas canadienses que utilizan el sistema de explotación de tajo a cielo abierto. Sobresalen por su producción de oro los estados de Sonora (municipios de Caborca, Sahuaripa y Altar), Chihuahua (municipios de Urique y Ocampo), Durango (municipios de Santiago Papasquiaro y San Dimas) y, recientemente, también Guerrero (municipio de Eduardo Neri) y San Luis Potosí (Cerro de San Pedro).

**CUADRO 1. PRINCIPALES GRUPOS EMPRESARIALES PRIVADOS
NACIONALES Y EXTRANJEROS EN LA MINERÍA MEXICANA
POR TIPOS DE MINERALES PRODUCIDOS, 2008**

<i>Nombre del grupo empresarial</i>	<i>Tipos de minerales</i>									
	<i>Preciosos</i>		<i>Industriales no ferrosos</i>				<i>Siderúrgicos</i>			
	<i>Oro</i>	<i>Plata</i>	<i>Plomo</i>	<i>Zinc</i>	<i>Cobre</i>	<i>Molibdeno</i>	<i>Hierro</i>	<i>Carbón</i>	<i>Manganeso</i>	<i>Acero</i>
G. México	X	X		X	X	X				
Fresnillo Plc	X	X								
Industrias Peñoles		X	X	X	X					
Gold Corp. México	X	X								
Empresas Frisco	X	X	X	X	X					
G. Acerero del Norte							X	X		X
Arcelor Mittal							X			X
Ternium Hylsa							X			X
Minera Autlán									X	
Gammon Gold	X	X								
Alamos Gold	X	X								
Panamerican Silver	X	X								

Fuente: SGM, 2009.

En producción de plata ha destacado tradicionalmente el estado de Zacatecas (municipios de Fresnillo, Chalchihuites, Mazapil, Morelos y Sombrerete), seguido por Chihuahua (municipios de Santa Bárbara, Ocampo y Saucillo) y Durango (municipios de San Dimas, Guanaceví y Otáez).

En la producción de zinc (6% del valor total) sobresalen Zacatecas (municipios de Morelos y Mazapil), Chihuahua (municipios de Santa Bárbara, Saucillo y San Francisco del Oro) y San Luis Potosí (municipio de Charcas).

La producción de molibdeno (6 % del valor total) la concentra el estado de Sonora; la de carbón (6 %), Coahuila (municipios de Nava,

Múzquiz, Sabinas y San Juan Sabinas); la de manganeso, Hidalgo (municipios de Molango y Xochicoatlán) y la de hierro (5 % del valor total) los de Coahuila, Colima y Michoacán. Del resto de los minerales no metálicos, la celestita, el sulfato de sodio y el de magnesio concentran su producción en Coahuila, la fluorita en San Luis Potosí, el grafito en Sonora, la barita en Nuevo León y Coahuila, y la sal, el yeso y la fosforita en Baja California Sur (véanse cuadro 2 y figura 1).

CUADRO 2. IMPORTANCIA DE LOS MUNICIPIOS
EN LA PRODUCCIÓN MINERA NACIONAL, 2008
(% DEL VOLUMEN TOTAL DE CADA TIPO DE MINERAL)

[illegible]

Municipio	Estado	Oro	Plata	Plomo	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso	Carbon	Barita	Celestita	Fluorita	Gráfita	Sal	Yeso	Fosforita	Sulfato de sodio
Otáez	Dgo.	1.3	2.1														
San Dimas	Dgo.	5.7	5.6														
Stgo. Papasquiario	Dgo.	7.2	0.9	6.8	0.5	3.2											
Guanajuato	Gto.	2.9	2.9														
Eduardo Neri	Gro.	12.9															
Molango de E.	Hgo.							79.6									
Xochicoatlán	Hgo.							4.2									
Zacazonapan	Méx.	1.3	3.7	4.6	0.7	7.4											
Aguila	Mich.						12.9										
L. Cárdenas	Mich.						13.4										
Galeana	NL									81.2							
Mina	NL														16.7		
Colón	Qro.	1.3	0.3														
Cerro S. Pedro	SLP	5.2															
Charcas	SLP		1.6	4.0	0.9	14.0											
Villa de la Paz	SLP	1.9	1.5		7.1												
Zaragoza	SLP											86.8					
Choix	Sin.		0.1	2.6		1.2											
Álamos	Son.	1.2	6.7		7.7												
Altar	Son.	2.7	0.1														
Cananea	Son.		0.1		10.3												
La Colorada	Son.												100				
Nacozari de G.	Son.	0.6	1.7		48.1												
Sahuaripa	Son.	9.3															
Santa Cruz	Son.				5.8												
Trincheras	Son.	1.3															
Pánuco	Ver.							16.1									
Chalchihuites	Zac.	0.2	3.8	0.7		0.5											
Fresnillo	Zac.	1.5	32.5	6.3		3.5											
Mazapil	Zac.	1.5	3.2	6.5	1.7	11.5											
Morelos	Zac.		2.9	11.3	6.2	12.4											
Sombrerete	Zac.		2.9	5.5	3.1	6.3											
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2009.

Estudio de caso

El Grupo Peñoles y algunas de las prácticas que realiza en sus unidades mineras en materia de protección y restauración ambiental

El Grupo Peñoles está constituido por 18 empresas operativas y es el mayor productor mundial de plata afinada, bismuto metálico y sulfato de sodio, además de ser líder latinoamericano en la producción de oro, plomo zinc afinados y uno de los mayores exportadores netos del sector privado. Sus acciones cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores desde 1968.

Peñoles desarrolla un sistema de administración ambiental similar a los de los países más desarrollados, avalado por normas de aceptación internacional como ISO 14000. Actualmente casi todas las unidades de Peñoles cuentan con la certificación ISO 14001, y se han hecho acreedoras al certificado de industria limpia por la Profepa, en el marco del Programa Nacional de Auditorías Ambientales Voluntarias.

Entre las medidas que el Grupo Peñoles ha desarrollado en materia de protección y restauración ambiental se presenta, como ejemplo, la creación del Parque Ecológico Proaño, ubicado en la Unidad Minera de Proaño ubicada en el cerro del mismo nombre, aledaño a la ciudad de Fresnillo, Zacatecas. El yacimiento que dio origen a la explotación de esta mina data de mediados del siglo XVI (1552), y actualmente la Unidad Proaño está catalogada como la mina subterránea productora de plata más importante a nivel mundial.

En los últimos veinte años las antiguas presas de jales de la Unidad Minera de Proaño (Minera Fresnillo S. A. de C. V.), responsables de las polvaredas que afectaban a la ciudad de Fresnillo en otras épocas, se han transformado en un parque ecológico que sirve para el esparcimiento y recreo de la comunidad de Fresnillo. Se llama Parque Ecológico “Los Jales”. En estas presas antiguas se depositaron los jales generados entre 1921 y 1943, y entre 1943 y 1961.

Estas presas se comenzaron a forestar en el decenio de 1980, con casuarina, especie no nativa de la región. En 1997 una nevada acabó prácticamente con toda la plantación de casuarinas; después de la nevada se reforestaron las presas y taludes con especies como nopal, cardo, mezquite, huizache, pirul y pinos. Para asegurar el éxito de la forestación, se cubrió el área con una red de tuberías para riego, además de haberse puesto una capa de tierra vegetal para recubrir las presas. Se han construido un lago y un canal navegable, una isla con árboles frutales y se llevó alguna fauna local que se ha adaptado de manera adecuada, así como humedales con patos y gansos. Para el abastecimiento de las especies empleadas para forestar la unidad minera la empresa ha creado un vivero propio. Ya no hay polvos fugitivos al ambiente, porque todas las presas de jales antiguas están completamente forestadas o se han convertido en lagos (*Minería Camimex*, 2009).

Actividades complementarias

1. ¿Qué importancia tiene la minería en la economía nacional actualmente?
2. ¿Cuáles son las etapas del proceso productivo de la actividad minera?
3. ¿Cuáles son los tipos de minado que se emplean en la minería moderna y cuál es su impacto potencial hacia el ambiente.
4. ¿Cuáles son los tipos de beneficio que se utilizan para el concentrado de los minerales y cuál es su efecto potencial hacia los componentes del medio natural.
5. ¿Por qué la actividad minera que se desarrolla actualmente puede tener un mayor impacto en el ambiente?

Visitas recomendadas

1. Museo de Geología del Instituto de Geología de la UNAM, ubicado en Jaime Torres Bodet 176, Col. Santa María la Ribera, México, D. F. Tel. 5550 6644.

2. Mina del Edén, en la ciudad de Zacatecas, cuya entrada está en una de las terminales del funicular, y Mina de Proaño ubicada en la ciudad de Fresnillo, ambas en el estado de Zacatecas.
3. Museo de la Minería del Estado de México y Antigua Estación del Ferrocarril, en el antiguo poblado minero de El Oro, Estado de México, a 94 kilómetros al noroeste de Toluca.

Páginas de internet recomendadas

Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A. C. (AIMMGM), disponible en: <<http://www.geomin.com.mx/general.htm>>.

Cámara Minera de México disponible en: <<http://www.camimex.org.mx/>>.

Servicio Geológico Mexicano disponible en: <<http://www.coremisgm.gob.mx/>>.

Los suelos de México y su relación con la producción de alimentos

● MARTA CONCEPCIÓN CERVANTES RAMÍREZ

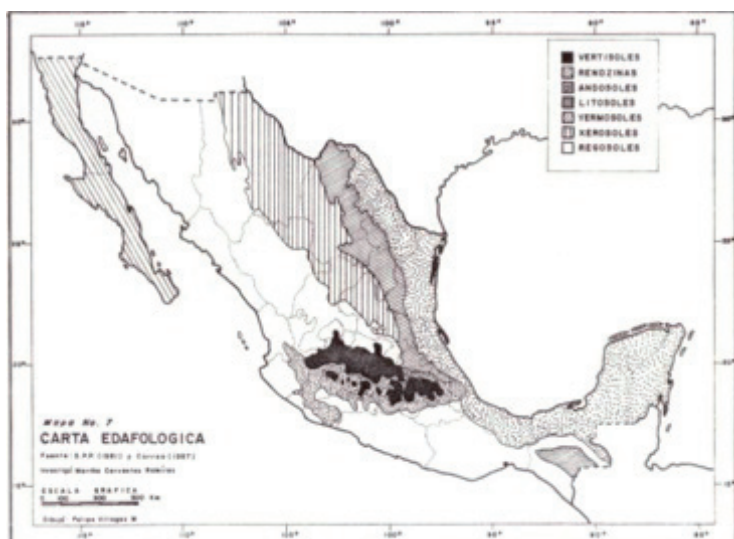
Los suelos son sistemas complejos que tienen su origen, a través del tiempo, en el intemperismo del material geológico debido a los efectos del clima y a su interacción con los organismos que lo integran.

Desde el punto de vista de la geografía física, la composición química del suelo y sus propiedades físicas (textura, estructura y drenaje) y químicas (pH), tienen una relación directa con los patrones de distribución de la vegetación. Por ejemplo, algunos pastizales se desarrollan sobre suelos sueltos, arenosos (xerosoles), en cambio otros crecen sobre suelos compactos o inundables (vertisoles). Los bosques de coníferas crecen sobre suelos ácidos (andosoles), mientras que los encinares lo hacen sobre suelos neutros (rendzinas) [véase figura 1].

A su vez la geografía socio-económica considera las unidades regionales desde un punto de vista general (geoeconómicas) o específico (agrícolas, ganaderas, industriales, de población, etc.) Esto se debe a que, aunque las condiciones naturales son importantes, no son decisivas en la conformación del espacio agrícola. Los capitales en la agricultura fluyen hacia las tierras que ofrecen los mayores rendimientos, las más fértiles, más cercanas a los mercados o mejor dotadas de infraestructura.

La agricultura mexicana está estructurada en un complejo mosaico de sistemas de producción agrícola, cuyos antecedentes se remontan a la Revolución de 1910 y la Reforma Agraria, las cuales crearon nuevos sistemas de propiedad y modos de organización del proceso de producción agrícola, orientados por el principio de la maximización de la ganancia, en función de lo cual se ha especializado en cultivos comerciales destinados al mercado exterior o interior, encaminados a los requerimientos de la industria y la ganadería. La modificación, en cuanto a la liberación de la tenencia de la tierra, promulgada en 1992,

aceleró el proceso de privatización, con fuertes repercusiones tanto económicas como políticas y sociales.



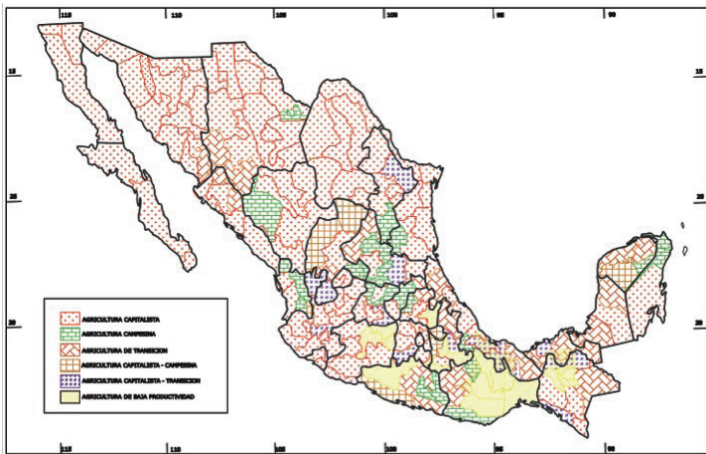
Fuente: Cervantes, 1987:42.

Figura 1. Mapa de suelos.

En las últimas décadas del siglo XX, la forma de producción campesina del país estaba relacionada directamente con el cultivo de maíz, que cubría 88 % de la superficie sembrada de temporal y en segundo lugar el frijol, debido a que son considerados los alimentos básicos para el pueblo mexicano, no obstante que el rendimiento de este último era superado por la producción de trigo y sorgo (forrajero), cuando ya se iniciaba una marcada tendencia hacia el cambio en el uso del suelo, de agrícola a ganadero y/o industrial, complicado con una tendencia creciente al avance de la urbanización sobre antiguos espacios destinados a la producción de alimentos básicos para las clases con menor capacidad económica. Estos cultivos han tenido un incremento notable en los inicios del siglo XXI, en especial el sorgo, destinado a satisfacer las necesidades del incremento de la industria ganadera.

Estos últimos productos cubren los suelos que, en otras épocas eran productores de maíz, pero en la actualidad ocupan grandes extensiones de terreno, verdaderos latifundios establecidos en algunas regiones de Chihuahua y Sonora, con el apoyo de agroquímicos que incrementan los rendimientos de una agricultura de carácter capitalista, que considera a sus productos como mercancías sujetas a las leyes de oferta y demanda, con altos rendimientos para unos cuantos beneficiarios, en tanto que, la gran mayoría de campesinos con terrenos temporales, están en niveles de subsistencia o de infrasubsistencia, debido al bajo nivel de sus tecnologías.

En síntesis, de acuerdo con el carácter o forma de la producción (González, 1990), el espacio agrícola o ambiente terrestre mexicano dedicado a la agricultura considera tres modalidades (véase figura 2):



Fuente: Caballero (2000).

Figura 2. Tipos de agricultura.

1. *Agricultura capitalista*, proceso de producción basado en la fuerza de trabajo asalariado, que emplea más de 50 % de la población económicamente activa ocupada en la agricultura. Se asocia con los más altos índices de productividad, debido a que

- posee los más altos índices de mecanización, uso de insumos y productividad con riego o buen temporal.
2. *Agricultura transicional*, en municipios en los que el sector capitalista es insuficiente en cuanto a la concentración de recursos productivos con respecto a la forma de producción.
 3. *Agricultura campesina*, con un sector capitalista muy débil o incipiente. El proceso de producción se lleva a cabo con fuerza de trabajo familiar y deficiente mecanización. La mayoría de los municipios tiene una baja productividad, aunque algunos logran productividad media.

En las últimas décadas del siglo XX se inició un proceso de reconversión en el manejo de los sistemas agrícolas campesinos que predominaron a raíz de la Reforma Agraria y la implantación del sistema ejidal, el cual nunca logró su completa realización. El resultado fue la tendencia progresiva al abandono del campo y al desarrollo de un nuevo sistema latifundista, en manos de agricultores capacitados en tecnologías modernas y con respaldo económico. Así se implantó un nuevo sistema de agricultura capitalista que, en la actualidad, se desarrolla en la mayor parte del país, como sistema predominante de manejo de los suelos agrícolas en el norte, centro y sureste. Bajo este sistema se obtienen los mayores índices de rendimiento económico con los mayores insumos tecnológicos.

Esto contrasta con la agricultura bajo el sistema campesino tradicional, carente de los elementos adecuados para lograr un aprovechamiento sostenible de los ejidos que funcionan bajo este modelo y que se insertan, de manera aislada, en diversas partes del territorio, ocupando gran parte de las zonas más deprimidas de los estados de Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Quintana Roo, entre otros. Un tercer sistema es el de transición en el que se encuentran combinados los sistemas campesino y capitalista.

Como resultado de este análisis, y a pesar de los logros aparentes en cuanto a avances científicos en los sistemas y tecnologías agrícolas, se puede comentar que “parecería paradójico que, ante un panorama campesino tan rico y complejo, la producción agrícola del país continúa siendo insuficiente para satisfacer las necesidades básicas de la población”.

Pastizales y praderas

La cubierta vegetal con predominio de formas de vida herbácea está representada por dos tipos de comunidades: *pastizales*, con predominio de gramíneas o pastos, y *praderas*, con codominio de formas de vida herbácea y arbustiva.

Pastizales

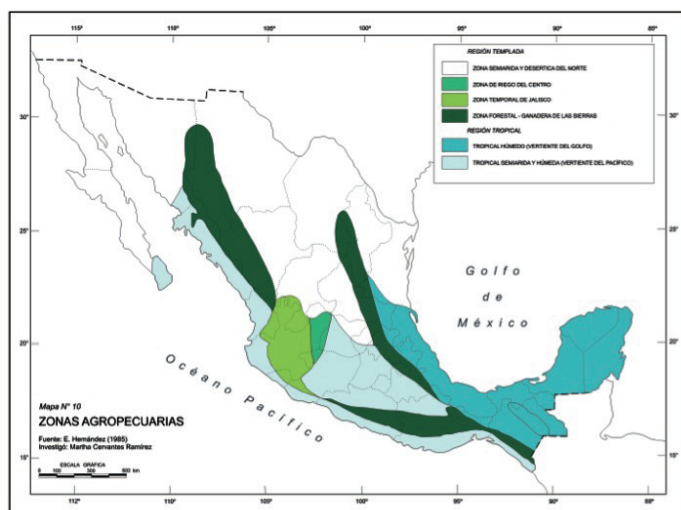
Los pastizales forman una franja longitudinal localizada a lo largo de la vertiente interior de la sierra Madre Occidental. Representan una zona de transición entre los bosques templados de las montañas y los matorrales de las zonas áridas.

En su distribución original se les considera como una prolongación de la Gran Pradera Norteamericana; se extienden desde el noroeste de Sonora y Chihuahua hasta el noreste de Jalisco y zonas vecinas de Guanajuato, Aguascalientes y Querétaro. Se desarrollan sobre todo en climas secos, sobre suelos medianamente profundos de mesetas, fondos de valles intermontanos y laderas con poca inclinación; sobre sustratos de diversa naturaleza. En general se trata de suelos fértiles, con mediano contenido de materia orgánica, lo que les hace aptos para diversas actividades primarias: agrícolas, hortícolas o ganaderas, por lo cual también reciben el nombre de agostaderos. Existen cuatro tipos principales de pastizales naturales (Cervantes, 2002:49-50):

- *Verdaderos pastizales*. Forman una cubierta continua sobre el terreno, que recibe el nombre de césped, en la cual predominan diversas especies de gramíneas, con predominio del llamado zacate navajita (*Bouteloua gracilis* H.B.K), el pasto guinea (*Panicum maximum*) y el bermuda (*Cynodon dactylon*).
- *Zacatonales*. Con pastos que crecen en manojos (amacollados), por lo que forman cubiertas discontinuas. Son comunes *Sporobolus airoides* Torr. (zacate alcalino), el pasto buffel (*Chloris gayana*), el guinea (*Panicum maximum*) y navajita (*Bouteloua pilosa*) (Hernández, 1964).

- *Pastizal halófilo*. Sobre suelos salinos, con *Distichlis stricta* (zacate salado). Se desarrollan en bolsones, fondos de antiguos lagos y planicies costeras (Miranda y Hernández, 1964).
- *Pastizales gipsófilos*. Sobre suelos yesosos, cubren considerables extensiones en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, con *Bouteloua brevisecta* (navajita china).

Las gramíneas en general son las plantas forrajeras que otorgan importancia pecuaria a las zonas áridas del país, al producir el alimento más barato para la ganadería mexicana, ya que casi el 100 % de la materia seca producida se aprovecha como forraje, además de ser muy eficientes en el uso del agua (véase figura 3).



Fuente: Cervantes, 1987:128.

Figura 3. Zonas Agropecuarias de México.

La producción forrajera de los pastizales ha sido cuantificada por la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (Cotecoca), con resultados que van de 10 a 40 ha/vaca/año en el norte de la República.

La frontera agropecuaria no se ha limitado a la zona de pastizales sino que se ha incrementado con el desarrollo de pastizales inducidos en regiones forestales, tanto de bosques como de matorrales, lo que ha ocasionado impactos severos en la estructura y estabilidad de los ambientes originales.

Numerosas plantas propias de los matorrales xerófilos, como los mezquites, huizaches, nopales y magueyes, también se utilizan como forraje, aunque con menores rendimientos.

En el sur del país se han introducido pastos tropicales que ofrecen mayores coeficientes que los registrados en el norte, sin embargo, la calidad de la carne es menor.

En relación con las actividades agrícolas existen cuatro especies de gramíneas (véase cuadro 1) que son de primera importancia en el país:

- En primer lugar está el maíz (*Zea mays*), domesticado y cultivado en México desde la época prehispánica, el cual sigue representando la base de la alimentación de las familias mexicanas y se cultiva en todo el país. La producción del país en el año 2006 alcanzó 21 893 209.25 t, con un rendimiento promedio de 3 t/ha, a nivel nacional. Sinaloa ocupó el primer lugar en la producción con 4 398 420.47 t y un promedio de 8.93 t/ha, seguido por los estados de Jalisco y México.
- El arroz (*Oriza sativa*), cultivo propio de terrenos con drenaje deficiente. En 2006 se alcanzó una producción total de 337 249.61 t, con un rendimiento promedio de 4.79 t/ha. Los principales estados productores fueron: Campeche, Veracruz y Tabasco.
- El trigo (*Triticum sp.*), cultivado en forma intensiva en el estado de Sonora, que alcanzó un total de 1 599 520.59 t, con rendimiento de 6.16 t/ha. El total nacional fue de 3 378 116.12 t.
- La caña de azúcar (*Saccharum officinalis*), propia de regiones tropicales, cuyo cultivo ha tomado gran importancia para la obtención de combustibles alternativos.
- Otras gramíneas importantes son la avena (*Avena sativa*), la cebada (*Hordeum vulgare*) y el centeno (*Secale cereale*), muchas de las cuales se utilizan como alimento de aves y de ganado.

CUADRO 1. PRINCIPALES GRAMÍNEAS DE MÉXICO

<i>Trigo grano</i>	<i>Producción</i> (t)	<i>Rendimiento</i> (t/ha)	<i>Arroz palay</i>	
			<i>Estados</i>	<i>Producción</i> (t)
<i>Estados</i>				
Sonora	1 599 520.56	6.16	Campeche	89 358.00
Baja California	499 062.92	6.57	Veracruz	50 098.61
Guanajuato	537 776.40	5.29	Tabasco	49 683.00
Jalisco	159 194.66	5.43	Michoacán	42 183.15
Michoacán	157 584.95	5.31	Nayarit	31 465.40
Total nacional	3 378 116.12	5.23		337 249.61
<i>Maíz Grano</i>			<i>Caña de azúcar</i>	
<i>Estados</i>				
Sinaloa	4 398 420.47	8.93	Estados	Producción
Jalisco	3 030 253.97	5.29	Jalisco	(t)
Estado de México	1 801 330.91	3.14	San Luis Potosí	6 139 325.58
Michoacán	1 405 551.12	3.58	Chihuahua	4 418 273.56
Chiapas	1 592 173.64	1.9	Tamaulipas	81 092.76
Total nacional	21 893 209.25	3		3 353 670.00
				52 089 355.82
				19 864 378.62

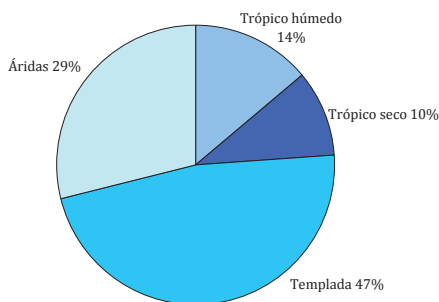
Fuente: Con base en Sagarpa, 2006 y para caña de azúcar: Sagarpa, 2007.

Importancia de la ganadería

En las últimas décadas del siglo XX se produjo una gran tendencia hacia el desarrollo de las actividades ganaderas en los ecosistemas forestales del país, tanto tropicales como templados, con fuertes impactos ambientales, como aumento en las tasas de erosión y remoción de materiales edáficos, cambios en los regímenes hidrológicos y afectaciones a la fauna y flora nativas, en detrimento de su potencialidad natural y con elevados costos ecológicos, sociales y económicos.

En la actualidad, 47 % del total de la ganadería nacional se localiza en la región templada; 29 % corresponde a las zonas áridas y semiáridas; 14 % al trópico húmedo y 10 % al trópico seco. Incluyen ganado bovino, lechero, porcino, avícola y producción de huevo. La ganadería de regiones tropicales ocupa el tercer lugar (véase gráfica 1).

GRÁFICA 1. PRODUCCIÓN PECUARIA POR REGIÓN



Fuente: Con base en Sagarpa, 2006.

En cuanto al ganado bovino (carne) destaca la producción en zonas áridas y semiáridas (27 %). Por lo que se refiere a la producción de leche, la región templada está en primer lugar, con 43 % de la producción nacional. La región templada también destaca en cuanto a la producción de ganado porcino, aves y huevo.

Praderas

El término hace referencia a comunidades de plantas herbáceas que no son gramíneas, o arbustivas; éstas se cultivan de manera intensiva o extensiva en grandes extensiones del territorio mexicano y tienen gran importancia económica.

- Alimenticias, como el frijol (*Phaseolus vulgaris*), diversas variedades de chiles (*Capsicum spp.*), jitomate (*Lycopersicum spp.*), cacahuete (*Arachis hipogea*), garbanzo (*Cicer arietinum*) y haba (*Vicia faba*).
- Productoras de fibras, como el algodón, la lechuguilla y el henequén.
- Gran variedad de plantas medicinales o condimentos.
- Forrajeras, como alfalfa (*Medicago sativa*) y nopal forrajero (*Opuntia imbricata*).

Cubierta forestal de México

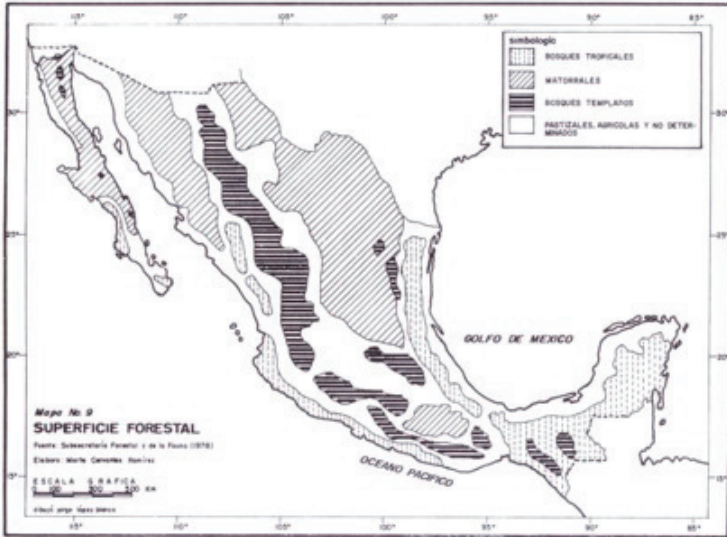
Como resultado de su ubicación México queda incluido en la franja latitudinal de los grandes desiertos del planeta y en la confluencia de dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical. Estas circunstancias son modificadas por la gran complejidad fisiográfica aunada a su historia geológica, lo que se manifiesta por un complejo relieve, conformado por una gran variedad de grandes sistemas montañosos, con marcadas diferencias climáticas y edáficas, condiciones que han favorecido la existencia de muy diversos ambientes y comunidades vegetales, que albergan una rica y variada fauna silvestre y que imprimen una fisonomía muy particular a los paisajes mexicanos.

La Ley Forestal vigente, en el Título 1, Artículo 1, de Julio 13 de 1988, define “vegetación forestal”, como la “Constituida por formas leñosas, herbáceas, crasas o gramínoideas, que se desarrollan de modo permanente, sea espontáneo o inducido”. Quedan incluidos:

- Bosques de clima templado y frío.
- Bosques tropicales o selvas (altas, medianas y bajas).

- Cubierta forestal de zonas áridas.
- Bosque espinoso.
- Matorrales.

La distribución espacial de esta vegetación se indica en la figura 4.



Fuente: Cervantes, 187:77.

Figura 4. Regiones forestales.

Patrimonio forestal

De acuerdo con el Inventario Nacional de Gran Visión de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, publicado en 1991, los bosques fríos, templados y tropicales representaban una reserva cuantificada en 2 799 millones de metros cúbicos de madera en rollo, de los cuales 63 % correspondían a bosques templados y fríos; el resto (37 %) está distribuido entre las selvas altas, medianas y bajas.

Según los resultados del Inventario Forestal Nacional 2000 elaborado por los Institutos de Geografía (IG) y de Ecología (IE) de la UNAM

y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la superficie del territorio nacional registrada es de 194 198 411 de hectáreas, de las cuales 84.83 % es de vocación forestal; 32.75 % presenta cubierta arbolada, con bosques templados (16.92 %) y tropicales (15.83 %), en tanto que, 23.53 % está dedicado a otros cultivos “no forestales” y 28.55 % sostiene vegetación arbustiva. El 15.17 % restante está compartido por pastizales (9.71 %), vegetación hidrófila (1.07 %), otras comunidades vegetales (3.19 %) u otros usos (1.21 %).

Bosques templados y fríos

Los bosques fríos y templados son comunidades en las que predominan las coníferas, árboles de forma cónica, con hojas en forma de agujas o escamas y frutos cónicos; se distribuyen en las partes altas de los principales sistemas orográficos del país: sierra Madre Occidental, sierra Madre Oriental, Sistema Volcánico Transversal y sierra Madre del Sur. En ocasiones alternan con árboles de hojas planas, como los encinos y madroños. Pueden coexistir con diversos tipos de arbustos, yerbas, pastos y otros tipos de vegetales.

Sierra Madre Occidental. Inicia en el noroeste de Chihuahua (sierra Tarahumara) y se extiende con dirección sur-sureste. Atraviesa el estado de Durango (Tepehuanes) y termina en el noroeste de Jalisco. En ella se localizan las empresas forestales más importantes del país, procesadoras de aserrín, celulosa y papel, que utilizan la materia prima obtenida de diversas especies de pinos: *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. Jeffrey* y *P. engelmanni*.

Sistema Volcánico Transversal. Macizo montañoso que atraviesa al país en su parte central, desde Jalisco, en la costa pacífica, hasta Veracruz, en el golfo de México. En él se localizan las montañas más altas del país: Pico de Orizaba (5 747 m), Popocatepetl (5 452 m); Iztaccíhuatl (5 146 m) y Nevado de Toluca (4 558 m). Alberga las especies de coníferas de mayor calidad, por lo cual tienen gran demanda para la industria maderable y han sido explotadas de manera intensiva e irracional. Contiene una gran variedad de especies de pinos, como *Pinus*

montezumae, *P. pseudostrobus*, *P. douglasiana* y *P. patula*, que se mezclan con el oyamel (*Abies religiosa*).

Sierra Madre del Sur, *sierra Madre de Oaxaca* y *sierra Madre de Chiapas*. Se extienden en la porción sur-sureste del país, en forma más o menos paralela a la costa del océano Pacífico, a lo largo de los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En ella existe gran variedad de comunidades de bosque de pinos (*P. chiapensis*, *P. oocarpa*, *P. douglasiana* y *P. maximinoi*); oyameles (*Abies* sp.) y encinos (*Quercus* spp.), cuya explotación ofrece serias restricciones de acceso, debido a lo accidentado y abrupto del relieve, lo cual ha limitado su aprovechamiento sostenible y ha favorecido su destrucción y fragmentación, sin embargo, están considerados como una reserva forestal potencial para México.

A nivel de entidad federativa, por su superficie forestal, Sonora ocupa el primer lugar con 13.05 millones de hectáreas, de las cuales únicamente 5.05 millones corresponden a bosques templados y fríos, el resto corresponde a comunidades arbustivas; en segundo lugar, Chihuahua con 13.50 millones de hectáreas forestales (2.83 millones de hectáreas arboladas), seguido de Coahuila con 12.68 millones de hectáreas forestales, de las cuales sólo 182 331 son arboladas.

Aunque con menor superficie forestal (8.89 millones de hectáreas), Durango ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie arbolada, con 4.22 millones de hectáreas, sólo superado por Chihuahua.

Los bosques de climas templado y frío aportan la mayor parte de madera en rollo para la obtención de papel, cartón, triplay, aglomerados y muebles, fabricados en México.

Chihuahua ocupa el primer lugar como productor de madera en rollo, con 279.06 millones de metros cúbicos anuales, seguido por Durango con 246.35 millones.

El bosque mesófilo de montaña está considerado como una transición entre los bosques templados y la vegetación tropical. Posee un elevado gradiente de biodiversidad y en él existen helechos arborescentes y árboles de los géneros *Magnolia*, *Liquidámbar*, *Fraxinus* (fresno) y *Carya* (nogal), entre otros.

De acuerdo con los datos oficiales, la madera de coníferas es la más explotada, destacando la de diversas especies de pinos que representan 76.1 % de la producción nacional. El segundo lugar lo cubre la madera

de encino, con 9 %. Las maderas tropicales sólo representan 5 % de la producción nacional, lo cual indica claramente los niveles de subutilización, a consecuencia de los severos impactos ecológicos provocados por los cambios en el uso del suelo debidos a la sustitución de las actividades forestales por las agropecuarias e industriales (véase cuadro 2).

CUADRO 2. PRODUCCIÓN FORESTAL MADERABLE
POR GRUPO DE ESPECIE

<i>Producción forestal nacional maderable por grupo de especie</i>		
<i>(m³r)</i>		
<i>Grupo de especie</i>	<i>2000</i>	<i>2003</i>
Coníferas		
Pino	7 506 673	5 484 819
Oyamel	412 420	203 523
Otras	37 252	66 378
Latifoliadas		
Encino	918 603	761 320
Otras	187 632	139 348
Tropicales		
Maderas preciosas	44 562	21 157
Maderas comunes	322 658	320 225

Fuente: Semarnat, 2004.

Bosques tropicales

Son comunidades forestales heterogéneas integradas por árboles de muy diversas especies, con hojas laminares que pueden alcanzar desde 10 hasta más de 30 m de talla, cuyos follajes se entrelazan y forman un dosel que dificulta la penetración de la luz a las partes bajas, lo cual imprime un sello muy característico al paisaje y permite la existencia de numerosas enredaderas, lianas y epifitas, por lo que poseen altos niveles de biodiversidad. Según Caballero (*op. cit.*:31)

cubren alrededor de 24.1 millones de hectáreas (15.83 %), de las cuales 8.7 corresponden a selvas altas, medianas y bosque mesófilo de montaña y medianas (5.7 %) y 15.4 a selvas bajas (10.1 %). Se distribuyen en las vertientes del Pacífico (Sinaloa, Guerrero, Oaxaca y Chiapas) y del golfo de México (Huastecas, Campeche y Quintana Roo). El primer lugar en potencial forestal tropical lo ocupa Campeche, seguido de Quintana Roo y Oaxaca, en la porción Sur-Sureste del territorio mexicano. Según la altura de sus árboles y la persistencia del follaje se clasifican en: selvas altas, con árboles que llegan a alturas promedio superiores a los 25 m, medianas (árboles que miden entre 15 y 25 m); y bajas (con árboles menores a los 15 m); los bosques mesófilos de montaña presentan tallas que varían entre los de selvas bajas y medianas (IG, IE, e INEGI, 2000).

Entre las especies de árboles tropicales de maderas duras, con mayor valor comercial están: la “caoba” (*Swietenia microphylla*), “cedro rojo” (*Cederela odorata*), “bari” (*Calophyllum brasiliense*), y el “chacá” (*Bursera simaruba*), entre otras, destinadas a usos múltiples, como elaboración de madera aserrada, chapa y triplay o elaboración de mangos, herramientas y materiales de construcción.

Otras especies valiosas que son más resistentes y de fácil manipulación son: el “guanacaste” (*Enterolobium cyclocarpum*), la “primavera” (*Tabebuia rosea*), el “guayacán” (*Swietenia panamensis*) y el “pucté” (*Bucida buceras*).

El valor e importancia de estas maderas preciosas ha ocasionado su explotación intensiva desde tiempos ancestrales, la cual ha propiciado una grave deforestación, con los subsecuentes problemas ambientales, sociales, económicos y políticos.

En lo que se refiere a la superficie de cubierta forestal tropical, el primer lugar lo ocupa Oaxaca con 3.111 millones de hectáreas, seguido de Chiapas con 3.09 millones

Los estados más importantes en cuanto a la producción maderable son: Chiapas con 344.72 millones de metros cúbicos de madera en rollo; Campeche con 146.50 millones de metros cúbicos; Quintana Roo con 123.49 millones, y Oaxaca con 95.33 millones (Caballero, 2000:30-35).

Bosques mesófilos de montaña

Se consideran una comunidad transicional que se desarrolla entre las cotas altitudinales de bosques templados y tropicales. Se distribuyen en manchones aislados en las vertientes de barlovento de las sierras Madre Oriental y Occidental, los cuales reciben la acción de los vientos húmedos ascendentes procedentes de los océanos, se condensan y forman una cubierta nubosa, por lo que se conocen a nivel internacional como “bosques de neblina”, así como en algunos sitios del Sistema Volcánico Transversal, entre los 1 000 y 1 500 msnm. En la actualidad estos bosques cubren una superficie inferior a 1 % del territorio nacional (Rzedowski, 1978).

Cubierta forestal de zonas áridas y semiáridas

México es un país cuyo territorio presenta extensas regiones de ambientes con diversos grados de aridez: hiperáridos (clima BW), áridos (BSO) y semiáridos (BS1), resultado tanto de su ubicación en el cinturón mundial de la aridez (alrededor de los 30° de latitud norte), que en el país corresponde en su mayor extensión a los desiertos chihuahuense, sonoreño y la casi totalidad de la península de Baja California (Mosiño, 1983:15, en Cervantes, 2000:17).

Sin embargo, el fenómeno de aridez rebasa este parámetro latitudinal y afecta en mayor o menor extensión un total de 28 de los 32 estados que conforman al país. Las únicas entidades que escapan a este problema son: Chiapas en la vertiente pacífica y Campeche, Tabasco y Quintana Roo en la vertiente del golfo (Hernández y García, 1997).

Esta situación es resultado de la interacción de diversos fenómenos meteorológicos:

- Ubicación entre los 14° y los 32° de latitud norte.
- Presencia de corrientes frías y surgencias. Por ejemplo, en Baja California.
- Efecto de pantalla meteorológica o sombra orográfica, debido a la presencia de sistemas montañosos que impiden la penetración de los vientos húmedos.

- Efecto de continentalidad, debido al ensanchamiento del territorio hacia el norte, lo que impide la llegada de la humedad procedente de los océanos.

La cubierta forestal de ambientes áridos presenta gran heterogeneidad, ya que, por lo regular, coexisten diversas formas de vida: arbóreas, subarbóreas, arbustivas y subarbusivas, que imprimen al paisaje características muy particulares. Las comunidades predominantes con predominio de árboles son:

Mezquitales y huizachales (mezquitales según el IFN, 2000), que corresponden al llamado “*bosque seco o espinoso*” de Rzedowski (1978), con predominio de mezquites (*Prosopis spp.*) y huizaches (*Acacia spp.*), los cuales pueden alcanzar de 4 a 15 m de alto. Ocupa una franja continua en la planicie costera noroeste, desde Sonora hasta la depresión del Balsas y el istmo de Tehuantepec, una amplia zona de Michoacán, Guanajuato y Querétaro, así como manchones aislados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Zacatecas. Cubren un área de 2 924 511.80 ha, que representan el 7 % de la superficie forestal de zonas áridas. Los mezquites y huizaches representan un recurso de primordial importancia para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas del país, por la multiplicidad de usos que ofrecen. Todas las partes de la planta son utilizadas: la madera, para las actividades artesanales, como combustible (leña o carbón); como forraje, productor de gomas y taninos o como alimento humano, ya que sus vainas son de alto contenido proteico.

Chaparrales (Chaparral según IFN, 2000). Agrupaciones de encinos arbustivos o “chaparros” (*Quercus spp.*), que crecen de forma aislada en los declives del Pacífico del noroeste de Baja California y como manchones aislados en la vertiente de sotavento de la sierra Madre Oriental, en San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila y en las estribaciones de las Mixtecas poblana y oaxaqueña. Tienen gran importancia ecológica como protectores del suelo contra la erosión y favoreciendo la infiltración del agua.

Matorral xerófilo, que cubre una superficie de 52 527 278 ha., equivalentes a 27 % de la cobertura vegetal. Incluye una gran variedad de comunidades vegetales adaptadas a diversos grados de aridez. Las más representativas son:

Matorral desértico micrófilo (IFN, 2000). Comunidad característica de zonas áridas de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, con predominio de arbustos provistos de hojas pequeñas, que pueden tener espinas (matorral micrófilo espinoso), con mezquites (*Prosopis spp.*) o huizaches (*Acacia spp.*) arbustivos; o bien sin espinas (matorral micrófilo inerme), con predominio de *Larrea tridentata* (gobernadora), muy utilizada en la medicina tradicional. En estas comunidades existe una gran diversidad florística con numerosas plantas herbáceas que pueden utilizarse como alimento, forraje o medicina tradicional.

Matorral rosetófilo (IFN, 2000). Agrupaciones de plantas con hojas carnosas dispuestas en roseta, comprenden dos tipos: los *magueyales*, con predominio de plantas del género *Agave* (magueyes), sobre suelos rocosos o arenosos de las zonas áridas y semiáridas de todo México, abundando en el centro y norte del país; y los *izotales*, con diversos géneros de plantas arbustivas o subarbóreas de los géneros: *Yucca*, *Samuela*, *Beaucarnea* y *Nolina*, llamadas comúnmente *palmas* o *izotes*. Se desarrollan sobre suelos profundos o someros del centro y norte del país (San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León), con diversas especies de yuca (*Yucca sp.*) y en zonas semiáridas de Tehuacán, Puebla y Perote, Veracruz, con predominio de *Y. periculosa* y *Beaucarnea gracilis*. En los últimos años el desarrollo de la industria tequilera ha propiciado una explotación extensiva e intensiva de diversas especies de magueyes, lo cual ha impactado severamente los ambientes naturales en que se desarrollan. Las palmas o izotes, al igual que los magueyes producen fibras naturales de muy alta calidad lo cual ha propiciado su explotación intensiva y extensiva. También destacan las plantas productoras de lubricantes de alta calidad como la cera de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) y el aceite de jojoba (*Simmondsia chinensis* Link.).

Matorral crasicaule (IFN, 2000). Comunidades arbustivas con predominio de cactáceas, grupo botánico muy diversificado en México. Destacan las comunidades de Sahuaros (*Carnegiea sp.*), del norte de Sonora; los cardonales (*Pachycereus sp.*), característicos de Baja California; las nopaleras (*Opuntia spp.*) y garambullos (*Myrtillocactus geometrizans*) del centro de Zacatecas y zonas aledañas de Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí. En la región de Tehuacán, Pue., destacan las tetecheras con *Neobuxbaumia tetetzo* y los viejitos (*Cephalocereus spp.*)

Desde tiempos prehispánicos los habitantes de las regiones áridas y semiáridas de México recolectaban una gran diversidad de plantas para satisfacer sus diversas necesidades. Tal es el caso mencionado por Cabrera (Aguirre, 1983:209), quien relata que el grupo de indígenas guachichiles del altiplano potosino-zacatecano, empleaba el ixtle de islote (*Yucca*); consumía el peyote y diversas bebidas embriagantes a partir de vainas de mezquites, del jugo de magueyes y de tunas.

Los recursos de zonas áridas y semiáridas se encuentran entre los recursos vegetales más útiles (Cervantes, 2002) y se pueden organizar en dos grandes grupos: *no maderables* y *maderables*.

Entre los *no maderables* están: la candelilla (*Euphorbia antispyphillica*) productora de cera, y la jojoba (*Simondsia chilensis*), de la que se extrae aceite. Ambos productos son lubricantes de gran calidad y con gran diversidad de usos; el henequén (*Agave foudroydes*) y la lechuguilla (*Agave lecheguilla*), productoras de fibras naturales de gran valor; como alimento se pueden citar los frutos y pencas del nopal, además de su utilidad como forraje; los magueyes como forraje y para la elaboración de bebidas fermentadas como el pulque o destiladas como el sotol, mezcal y tequila, que han alcanzado gran impacto económico a nivel internacional. Muchas de las plantas mencionadas representan recursos espontáneos de las regiones áridas y semiáridas, aunque unas cuantas de ellas, como algunos magueyes y nopales ya se cultivan a gran escala (véanse cuadro 3 y gráfica 2).

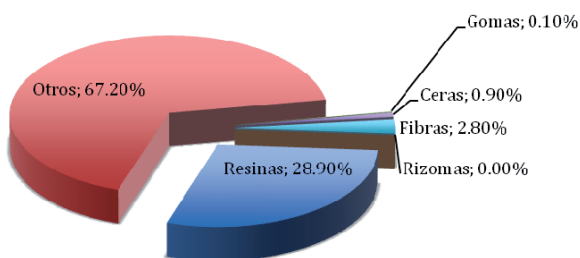
CUADRO 3. PRODUCCIÓN DE AGAVE TEQUILERO

<i>Agave Tequilero</i>			
<i>Ubicación</i>	<i>Sup. sembrada (ha)</i>	<i>Producción (t)</i>	<i>Rendimiento (t/ha)</i>
Jalisco	122 832.40	1 141 094.80	116.47
Oaxaca	15 405.50	228 996.00	279 761
Nayarit	9 653.03	92 390.00	215 900.50
Total nacional	179 805.35	1 539 720.80	3 275 030.45

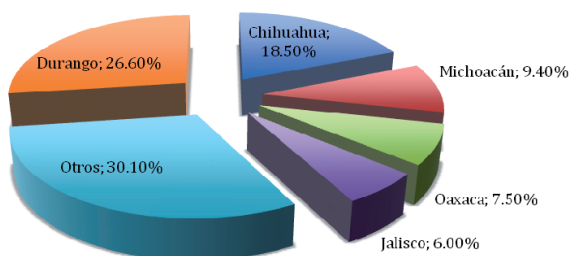
Fuente: Sagarpa, 2007.

GRÁFICA 2. PRINCIPALES PRODUCTOS NO MADERABLES
Y PRINCIPALES ENTIDADES PRODUCTORAS
POR PARTICIPACIÓN FORESTAL

Producción nacional no maderable por grupo de productos
(no incluye tierra de monte).
Participación porcentual



Principales productores.
Participación porcentual



Fuente: Semarnat, 2004, Anuario Estadístico de la producción forestal México.

Maderables. Entre las especies forestales maderables que crecen en las zonas áridas se encuentran: el mezquite (*Prosopis* spp.), el huizache (*Acacia* sp.), el ébano (*Pithecellobium ebano*) y el mimbre (*Chilopsis linearis*), siendo los más importantes los mezquites y los huizaches, cuya utilización se ha mantenido durante largo tiempo, ya que representan recursos de uso múltiple. Además de funcionar como fijadores del suelo y controladores de la erosión, de ellos se obtiene: madera para muebles, artesanías y utensilios de uso cotidiano en las comunidades y también se aprovechan como combustibles; las vainas se emplean como alimento, las gomas tienen usos medicinales e industriales.

La historia del uso de los bosques en Michoacán

La extracción forestal se inició en Michoacán desde finales del siglo XIX, con empresas madereras extranjeras y más tarde por compañías mexicanas, al amparo de contratos por periodos de hasta 20 años. Bajo el régimen presidencial de Lázaro Cárdenas (1936-1940), con la Reforma Agraria, importantes extensiones forestales fueron entregadas a grupos de solicitantes o a comunidades indígenas, reconociendo antiguos derechos de propiedad. En 1944 se decretó la veda forestal en el área purépecha, para favorecer la permanencia de los bosques, aunque esto propició la extracción ilegal de madera y el clandestinaje forestal que, a la fecha, no han podido ser superados.

En los años setentas, al levantarse la veda forestal, se creó la empresa Productora Forestal de Michoacán (Proformich), instancia tripartita integrada por industriales, comunidades abastecedoras de materia prima y el gobierno estatal, cuyo funcionamiento resultó centralizado y burocrático, por lo que fue cancelada.

En los noventas, aun sin el reconocimiento oficial, los comuneros iniciaron la extracción de resina, propiciando la inconformidad de los purépechas residentes, quienes presentaron reclamos contra dichas compañías.

A pesar de la riqueza original de los bosques michoacanos y de la tradición local de uso de los recursos, hasta hace poco el contexto forestal en Michoacán se caracterizaba por la prevalencia del uso ilegal

de los recursos, el enfrentamiento de los actores que participan en el proceso de producción forestal —que se traduce en el rezago y el decaimiento de la producción forestal— así como por un deterioro acelerado de los bosques. (Información tomada de B. Barton y L. Merino 2004.)

Actividades complementarias

1. Elabora un mapa nacional de producción maderable y no maderable.
2. Realiza una visita al Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM en el área de zonas áridas y semiáridas de México e identifica especies productoras de fibras, de ceras y de bebidas.
3. Consulta en red la página del Sistema Alimentario Mexicano de Sagarpa; identifica los principales granos que se producen en el país y relacónalos con las zonas productoras.

Páginas de internet recomendadas

Secretaría de Ganadería y Pesca, disponible en: <<http://www.sagarpa.gob.mx>>.

Comisión Nacional Forestal, disponible en: <<http://www.conafor.gob.mx>>.

Comisión Nacional de Zonas Forestales, disponible en: <<http://www.conaza.gob.mx>>.

Ambiente marino

Los mares mexicanos, con casi tres millones de km² de Zona Económica Exclusiva y 11 593 km de litoral, se ubican en las zonas tropical (comúnmente oligotrófica) y subtropical (con mayor cantidad de nutrimentos). Éstos tienen una gran variedad de ecosistemas que incluyen la columna de agua y sus diversas capas con un gradiente de iluminación, la zona costera con pantanos, manglares o pastos marinos, la plataforma continental con arrecifes de coral, infiltraciones de

metano, cañones, escarpes, y el mar profundo con montes, corales profundos y ventilas hidrotermales. Algunos de ellos forman parte de lo que se conoce como los sistemas marinos semicerrados. Todos estos ecosistemas dan beneficios a la sociedad con sus recursos renovables (pesca, genes de interés biotecnológico, sustancias para el desarrollo de fármacos, alimentos, industria cosmética) y no renovables (minerales, sal, petróleo crudo, energía). En el caso de México se estima que más de 90 % de las especies sujetas a explotación han alcanzado sus niveles máximos de utilización y en un número importante se encuentran sobreexplotadas. En los mares de México se presentan muy diversas condiciones de disponibilidad de nutrimentos, generando diferencias importantes en la productividad, que es elevada en los sistemas marinos semicerrados donde la influencia múltiple continental y oceánica por la conjunción entre el agua dulce y el agua marina crea ecosistemas productivos, dinámicos y diversos. Asimismo, los mares mexicanos, a lo largo de sus costas, dan protección a los asentamientos humanos contra los desastres naturales, facilitando la crianza y alimento de animales y conectándolos a través del transporte y el intercambio de bienes.

Recursos marinos de México

● ADOLFO GRACÍA

Los mares mexicanos son fuente importante de beneficios para la sociedad; su utilización provee una serie de servicios valiosos para el país, tanto en lo que se refiere a recursos renovables como no renovables. Entre los no renovables destacan los recursos minerales que se obtienen actualmente del mar, como la sal doméstica, mejor representada por las salineras de Guerrero Negro, B. C., u otros como los nódulos de manganeso y las costras de cobalto presentes a grandes profundidades del océano Pacífico, cuya explotación puede ser potencialmente importante, pero requiere de tecnología especializada. Mención especial merecen los energéticos, representados principalmente por el petróleo crudo que se extrae en zonas marinas y cuyos mayores yacimientos se encuentran en el golfo de México, específicamente en la sonda de Campeche. Los hidrocarburos fósiles son la principal fuente de energía obtenida de los mares mexicanos, y su extracción ha representado más de 75 % de la producción total de crudo del país. También cabe mencionar que existen otras formas de obtener energía de los mares, entre las cuales se cuentan el aprovechamiento de mareas, oleaje y ventilas hidrotermales y la utilización de la diferencia de temperatura en la columna de agua; no obstante, su desarrollo a nivel global es incipiente y en la actualidad es prácticamente nulo en México.

Los recursos marinos renovables están representados principalmente y tradicionalmente por los recursos pesqueros, los cuales abarcan una gran variedad de especies que se encuentran en los mares mexicanos; sin embargo, el ecosistema marino es reservorio de una gran riqueza biológica potencialmente utilizable mediante herramientas modernas como la biotecnología, sobre todo a partir de sustancias que se puedan obtener de organismos marinos que, a su vez, puedan servir de base

para el desarrollo de nuevos productos útiles a la sociedad en sectores como el farmacéutico, alimentario, industrial cosmético, etc. El material genético de muchos de los organismos vivos presentes en el ambiente marino es un recurso valioso, prácticamente inexplorado, con un enorme potencial para la investigación y creación de desarrollos biotecnológicos, y es comparativamente mayor al ambiente terrestre (Gracia, 2001).

Como ya se dijo, México cuenta con casi tres millones de km² de Zona Económica Exclusiva y 11 593 km de litoral ubicados en zonas tropicales y subtropicales, en los cuales se encuentran una gran variedad de ecosistemas que incluyen desde arrecifes coralinos, plataforma continental con diversas características, hasta ventilas hidrotermales en áreas profundas del mar de Cortés. Esta variedad de ambientes marinos propicia, además de recursos bióticos no tradicionales de alto potencial de utilización, una gran biodiversidad de recursos pesqueros susceptibles de explotación.

Las zonas de explotación de los recursos pesqueros acuáticos del país se han dividido en cinco regiones, de acuerdo con las características geográficas y el nivel de producción: Región 1, Baja California a Sinaloa; Región 2, Nayarit a Chiapas; Región 3, Tamaulipas y Veracruz; Región 4, Campeche a Yucatán, y la Región 5 incluye a los estados cuya producción pesquera es de agua dulce, tanto silvestre como de acuicultura. Se estima que los recursos pesqueros están compuestos por cerca de 870 especies de las cuales 810 corresponden a una gran variedad de especies de peces, desde sardinas hasta diversas especies de tiburones. En los mares de México existen al menos 31 especies de crustáceos comercialmente aprovechables, de los cuales destacan, entre otros, diversas especies de camarones, langostas y jaibas. Los moluscos están representados principalmente por 18 especies que incluyen abulón, ostión, diversas especies de caracoles y almejas. También son explotadas tres especies de equinodermos, entre las cuales están los erizos y los pepinos de mar y se aprovechan, al menos, dos especies de algas. Recientemente, debido a la demanda de mercados orientales, se han comenzado a explotar algunas especies de medusas, básicamente con fines de exportación. La pesca de mamíferos marinos y de tor-

tugas marinas no está permitida, ya que se encuentran protegidos por la legislación mexicana.

La producción pesquera anual total de México, al igual que la mayoría de las pesquerías mundiales, presentó un incremento sostenido desde 1950 y alcanzó su producción máxima en 1981 con una captura anual de más de 1.6 millones de toneladas. Después de esta cifra récord la producción anual ha presentado fluctuaciones y se ha mantenido por arriba de 1.3 millones de toneladas totales de productos pesqueros (Conapesca-Sagarpa, 2007). La producción pesquera de origen natural de México parece haber llegado al máximo. Es poco probable que la captura pesquera se incremente notablemente con recursos pesqueros no explotados aún. Una alternativa para incrementar la producción de recursos acuáticos es la acuicultura. Esta actividad también ha mostrado un crecimiento notable y en 2006 y 2007 llegó a registrar más de 150 mil toneladas anuales.

La mayor parte de la producción pesquera corresponde a lo que se conoce como recursos pesqueros masivos, por su alto volumen de producción. Entre éstos se pueden enumerar atún, sardina, calamar, tiburón con diversas especies, ostión, mojarra, en la que se consideran varias especies y también diversas especies de camarón. Este último recurso pesquero, a pesar de variar entre el cuarto y el quinto lugar en términos de producción, es el más importante del país en términos económicos, ya que representa cerca de 40 % del valor de la producción total de los recursos pesqueros del país. El camarón tiene un alto valor por unidad de peso, debido a su alta demanda en el mercado internacional y constituye el principal producto pesquero de exportación de México. Las especies de camarón constituyen, además, la fuente más importante de generación de empleos tanto directos como indirectos dentro del sector pesquero del país.

Se estima que más de 90 % de las especies sujetas a explotación han alcanzado sus niveles máximos de utilización y un número importante de ellas se encuentran sobreexplotadas. Esta situación de los recursos pesqueros de México es similar a lo que ocurre actualmente a nivel mundial. La importancia que revisten los recursos pesqueros como generadores de alimento para consumo humano y de empleos para la sociedad mexicana, requiere de un aprovechamiento óptimo

y eficiente para obtener el máximo rendimiento de su explotación. El aprovechamiento sustentable de esta gran riqueza pesquera se puede alcanzar con estrategias de manejo modernas y adecuadas para cada pesquería.

Actividades complementarias

1. ¿Sabes cómo ha cambiado la talla de las especies de importancia comercial en los últimos 50 años?
2. Realiza un diagrama del cambio de las especies de importancia pesquera a lo largo de los últimos 50 años.

Páginas de internet recomendadas

<<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/>>.

<<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/resumenes/2002/03BS2002PD041.pdf>>.

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

Nutrientes y productividad de los mares mexicanos

● MARTÍN MERINO-IBARRA
PATRICIA M. VALDESPINO
SERGIO CASTILLO

Como ocurre en los ecosistemas terrestres, en los acuáticos la producción biológica, en su conjunto, depende de la que realizan los organismos fotosintetizadores, a la cual se le denomina producción primaria. A diferencia de los ecosistemas terrestres, el agua, en sí, no es una limitante en el océano, por lo que la producción está regulada por la disponibilidad de luz y de nutrientes. La luz es absorbida rápidamente por el agua, por lo que sólo hay luz suficiente para la fotosíntesis en la parte superficial de los mares, en una capa que no se extiende más allá de los 150 m, aun en las aguas más claras, y que se conoce como zona eufótica. Dentro de esta zona, la producción primaria está limitada por la disponibilidad de nutrientes (compuestos que contienen nitrógeno y fósforo principalmente).

Los nutrientes son reciclados continuamente: después de ser asimilados por los productores primarios en sus formas minerales, son incorporados por éstos en la formación de sustancias orgánicas, para luego fluir por las redes tróficas. Desde cada uno de los niveles tróficos los nutrientes, eventualmente, vuelven a ser mineralizados a partir de los desechos de los organismos, mediante la acción bacteriana, cerrando este ciclo; sin embargo, una fracción de las partículas orgánicas y los organismos muertos se hunde más allá de la capa superficial y sale así de la misma (Libes, 1992); esa fracción de la producción se remineraliza en el océano profundo, lejos de la capa eufótica. Esta fuga continua de nutrientes de la capa superficial del océano determina que los nutrientes limiten la productividad del océano, donde no existan mecanismos que logren reponerlos a una tasa similar.

Esto es lo que sucede normalmente en las latitudes tropicales y, estacionalmente, en las latitudes templadas, debido a que la radiación

solar calienta la capa superficial de agua (comúnmente denominada “Capa Superficial Mezclada” (CSM), porque permanece homogénea por la acción de vientos, olas y corrientes, reduciendo su densidad con respecto a la del océano profundo, que permanece frío. Esa situación, conocida como estratificación, dificulta la mezcla vertical, que es el principal mecanismo mediante el cual retornan los nutrientes a la superficie del océano, cuando no está estratificado (Brown *et al.*, 1989).

Debido a este conjunto de condiciones, los océanos tropicales son generalmente muy poco productivos (oligotróficos), en comparación con los mares de altas latitudes. En las regiones donde las corrientes marinas u otros procesos físicos transportan cantidades importantes de nutrientes a la capa superficial, la situación cambia y se producen áreas de alta producción (Merino y Monreal, 2004). El principal proceso de este tipo son las surgencias o afloramientos, donde el agua subsuperficial asciende a la superficie del océano, generalmente como resultado del efecto del viento y de las condiciones topográficas de la región. Las áreas más productivas de los océanos cálidos se encuentran en las márgenes orientales de los océanos, donde el viento produce el ascenso del agua junto a la costa (para más detalles véanse Brown *et al.*, 1989, Libes, 1992 o Merino y Monreal, 2004).

En los mares de México se presentan muy diversas condiciones de disponibilidad de nutrientes, generando diferencias importantes de la productividad en distintas regiones de las costas de México, que se ilustran en la figura 1. La primera gran diferencia surge de que México tenga costas tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico. Como se mencionó antes, los océanos son, en general, más productivos en su margen oriental, debido tanto a que en este margen la CSM es más delgada (frecuentemente sólo tiene un espesor de entre 20 y 50 m) y las concentraciones elevadas de nutrientes se encuentran más cerca de la superficie —frecuentemente dentro de la zona eufótica— porque en estos márgenes ocurren las principales surgencias. Por ello, el Pacífico mexicano es, en general, más productivo que los mares de México en el océano Atlántico.

Dentro del Pacífico, la región al norte de cabo Corrientes, Nayarit, es la de mayor producción debido a que la corriente de California y los vientos dominantes producen numerosas surgencias a lo largo de las

costas occidentales de Baja California; por ello, en esta región existen importantes pesquerías pelágicas como la sardina, la anchoveta y el atún. La región al sur de Cabo Corrientes es, relativamente, menos productiva, y en ella el recurso más explotado es el turismo, debido a los atractivos paisajísticos derivados de una topografía accidentada, aguas azules y amplias playas.

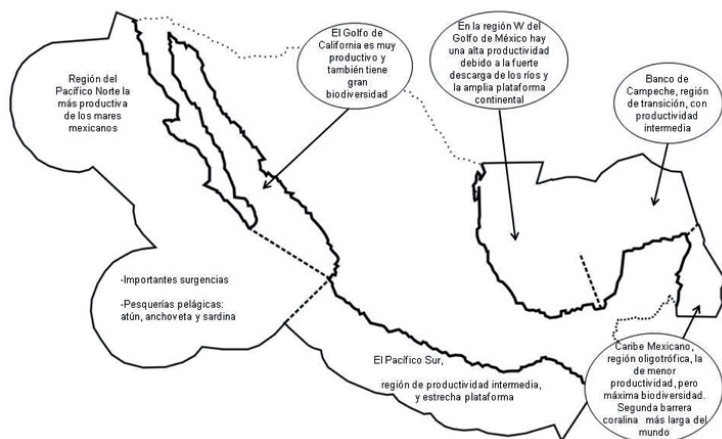


Figura 1. Regiones de distinta productividad de los mares mexicanos. Delimitación de la Zona Económica Exclusiva, sobre cuyos recursos el país tiene la prioridad de explotación.

El golfo de California es una región oceanográfica y ecológicamente distinta, con características propias que lo hacen único en el planeta. Numerosas especies endémicas le dan un gran valor en términos de biodiversidad (por ejemplo, la totoaba y la vaquita marina); los vientos paralelos a la costa, aunados a las fuertes corrientes de mareas, mantienen un fuerte suministro de nutrientes hacia la capa superficial, lo que hace a la región muy productiva, sobre todo en las costas de Sonora y Sinaloa.

En el otro extremo del espectro trófico se ubican las aguas del Caribe mexicano, en las costas de Quintana Roo. Esta región se caracteriza por sus aguas oligotróficas (con muy bajo contenido de nutrientes) y una CSM que alcanza cerca de los 200 m. Asimismo es muy poco pro-

ductiva en términos cuantitativos, pero a cambio tiene las aguas más transparentes de los mares mexicanos y la segunda barrera arrecifal coralina más larga del mundo. La comunidad coralina es capaz de desarrollarse exitosamente en condiciones de muy bajos nutrimentos, debido a que los recicla internamente de forma muy eficiente.¹ A cambio, no sufren la competencia de las abundantes comunidades de fitoplancton de las regiones productivas, que podrían fácilmente eliminarlos por ensombrecimiento. La comunidad arrecifal coralina es, relativamente, poco productiva, pero muy diversa, quizá la más diversa de los mares, el equivalente a las selvas tropicales húmedas en tierra.

La región oligotrófica de los mares mexicanos termina en Cabo Catoche, Quintana Roo, donde la surgencia de Yucatán es provocada por la interacción entre la poderosa corriente de Yucatán y el extenso banco de Campeche, que se prolonga más de 200 km hacia el norte de la península. Al norte de Cabo Catoche, en las costas de Yucatán, ya no hay una barrera arrecifal, y sólo pueden encontrarse formaciones arrecifales en la parte más exterior del banco de Campeche, como es el arrecife Alacranes. La mayor productividad inducida por esta surgencia permite la explotación de pesquerías como la del camarón y el pulpo, aunque en una escala relativamente pequeña.

Las costas del golfo de México tienen, a diferencia del Pacífico mexicano, amplias plataformas continentales (profundidad menor de 200 m), que facilitan el reciclamiento de los nutrimentos, al no permitir que se pierdan hacia el océano profundo, lo que aumenta su productividad. Al oeste de la laguna de Términos —la mayor laguna costera de las más de 125 que existen en las costas mexicanas—, otra condición favorece también una elevada productividad costera. En esta región, los ríos, que están ausentes en la península de Yucatán, son abundantes, muy caudalosos (la vertiente de golfo recibe 79 % de la precipitación pluvial del país) y transportan cantidades importantes de nutrimentos que permiten una alta producción marina. Las pesquerías de esta región son principalmente demersales; incluyen, además de varias especies de camarón, numerosas especies de peces. Por otro lado, en esta región

¹ Por ejemplo, los corales son holo-organismos que incluyen un alga y un invertebrado en simbiosis.

también se ubican y explotan las mayores reservas petroleras del país, lo que frecuentemente provoca conflictos en el aprovechamiento de los recursos, por la contaminación que genera. Ésta es una de las regiones costeras de México donde más se requiere, desde tiempo atrás, de un manejo integral costero (Merino, 1987).

Estudio de caso

La surgencia de Yucatán, México

Es la principal surgencia topográfica de los mares mexicanos. La intensa corriente de Yucatán interactúa con la plataforma continental, que se extiende hacia el norte de la península. El flujo de agua subsuperficial, a lo largo del talud continental, fertiliza la región al norte de Cabo Catoche y de la plataforma de Yucatán, transformando las aguas oligotróficas del Caribe en una región de alta productividad. La producción aumenta, aproximadamente, a 10 veces la del Caribe. Entre los recursos pesqueros de la zona se encuentran el camarón, el pulpo y diversos peces demersales. Asimismo, la productividad de la surgencia atrae a los tiburones ballena, que constituyen un importante atractivo ecoturístico.

Actividades complementarias

1. Existen algunas propuestas para fertilizar el océano en las latitudes tropicales. ¿Sabes para qué?
2. Realiza un diagrama de la estructura vertical del océano tropical, incluyendo las principales capas que lo componen y los procesos que transportan nutrientes.

Páginas de internet recomendadas

Conabio, “Gap marino”, disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/gap/index.php/gap_marino>.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, disponible en: <<http://www.icmyl.unam.mx/>>.

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, disponible en: <<http://www.cicimar.ipn.mx/oasis/index.php>>.

Servicios ecosistémicos

● ELVA ESCOBAR BRIONES

Los sistemas marinos semicerrados (SIMS) han sostenido, a través de la historia, la vida marina y humana, lo cual les confiere importancia ecológica y social. Éstos enlazan el mar abierto y la zona costera con cuencas y desembocaduras de ríos, con estuarios y lagunas. La influencia múltiple continental y oceánica, la conjunción entre el agua dulce y el agua marina crea ecosistemas productivos, dinámicos y diversos. Los SIMS sostienen, con la productividad primaria elevada, a la vida marina, conectando poblaciones distantes de especies, incluyendo especies de importancia comercial, asimismo, dan protección a los asentamientos humanos contra desastres naturales, facilitan la crianza y alimento de animales y conectan las economías y culturas por medio del transporte, con el intercambio de bienes. Muchos asentamientos humanos y sus interacciones se dan en los SIMS.

Los SIMS, también conocidos como mares marginales, se caracterizan por estar bordeados, en más de la mitad de su periferia, por continente, y separados del mar abierto por estrechos, cadenas de islas o frentes físicos que separan las aguas costeras de las aguas oceánicas. En México se encuentra un claro ejemplo de éstos en los golfos de México y de California, con sus lagunas costeras y estuarios. Las imágenes de estas regiones muestran evidencia dramática de que el cambio global es real, con eventos climáticos de gran escala que erosionan la línea de playa e inundan las áreas bajas tocando, día a día, la vida de los habitantes del país. Los efectos del aumento de la temperatura, una de las variables que cambian con el calentamiento, se manifiestan de manera diferente en cada región. En la zona alejada de la costa, los efectos del cambio global están fuera de la visión, ya que se manifiestan bajo la superficie del agua.

En la superficie, la evaporación aumenta generando una mayor precipitación cerca de la costa. El aporte de agua fluvial a la zona costera lleva consigo nutrientes, contaminantes y sedimentos, alterando la ecología local y reduciendo la calidad del hábitat, lo que se refleja con efectos en la salud. Lo anterior da lugar a diferencias en los sistemas ecológico y social, a través de cambios en la producción primaria, en la riqueza de especies, los recursos alimentarios, la producción de oxígeno y la regulación del clima; cada uno de estos procesos provee un servicio ecosistémico (SE). El papel de los científicos en los SIMS y los SE es importante para proveer la información requerida y diseñar herramientas de utilidad a las instituciones que la sociedad ha creado para el manejo de la zona costera en beneficio de la población y para la implementación de políticas adecuadas para ello.

Este apartado tiene como objetivo introducir al alumno en el tema de los servicios ecosistémicos en el ambiente marino, reconocer su importancia en la vida cotidiana y ejemplificarlos en esta época de cambio global con las actividades y beneficios de la zona costera con la cual la población interactúa intensamente. Se definen los SIMS y los servicios ecosistémicos y se enlazan ambos con el valor que tienen para la economía del país y con la pérdida que conlleva el no tomar acciones para su conservación.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la población adquiere de los ecosistemas naturales como alimento, agua, fibra y refugio. Existen bienes y servicios directos e indirectos, que no están al alcance inmediato o que son invisibles, como las funciones estéticas y culturales. Los SE se han clasificado en cuatro categorías, tres son de tipo directo, ya que afectan a la población en el corto plazo: i) aprovisionamiento (bienes), ii) regulación (regulación de procesos ecosistémicos) y iii) cultural (beneficios no materiales). Un servicio iv), de soporte, se considera indirecto o de largo plazo y es requerido para la producción de los otros tres. La importancia de todos ellos radica en los beneficios social y económico (recursos energéticos y minerales, navegación) (véase cuadro 1) y la pérdida de éstos y el costo que conllevan, por ejemplo la sedimentación que rellena canales en un puerto y requiere de dragado para facilitar la navegación; es costoso y lleva tiempo, afectando al ingreso local. Actualmente muchos de los SE están

degradados por la presión del crecimiento urbano, afectando el bienestar de las comunidades.

CUADRO 1. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN SISTEMAS MARINOS SEMICERRADOS

<i>Aprovisionamiento</i>	
Alimento	Pesquerías, maricultura, caza, recolecta de productores primarios.
Fibra	Madera, pastos, pieles, plumas.
Recursos genéticos	Diversidad de especies y genética.
Recursos bioquímicos	Compuestos activos, fármacos, alginates.
Recursos ornamentales	Conchas, huesos, pieles, plumas.
Recursos energéticos	Viento, agua, marea, oleaje.
Transporte	Navegación, comercio.
Recursos minerales	Minería, sal, extracción de petróleo y gas.
<i>Regulación</i>	
Calidad del aire	Intercambio de moléculas con la atmósfera.
Clima	Cobertura por vegetación marginal (temperatura, precipitación), almacenaje de carbono.
Agua	Purificación del agua; cobertura por vegetación marginal (escorrentia, inundación, recarga del acuífero, almacenaje), recambio mareal.
Tratamiento de desechos	Filtración, denitrificación, descomposición y detoxificación.
Erosión	Cobertura vegetal (retención del suelo, prevención de derrumbes).

Continúa

Continuación

<i>Regulación</i>	
Enfermedades	Abundancia de patógenos, vectores de enfermedades.
Naturales	Protección costera (arrecifes de coral, bosques de manglar).
<i>Culturales</i>	
Valores espirituales y religiosos	Especies sagradas, simbolismo, sitios ceremoniales.
Valores culturales	Sociedades pesqueras, nómadas, agrícolas.
Conocimiento y educación	Tradicional, formal.
Inspiración	Arte, folclor, arquitectura.
Valores estéticos	Paisajes y diversidad.
Recreación y ecoturismo	Nado, navegación, observación de la naturaleza.
<i>Soporte</i>	
Fotosíntesis	Producción de oxígeno.
Producción primaria	Asimilación y transformación de energía a material orgánica.
Reciclamiento de nutrimentos	Reciclamiento, almacenaje y transformación (C, N, P, Si).
<i>Soporte</i>	
Agua	Reciclamiento, almacenaje y transformación.
Hábitat	Crianza, reproducción, alimento y refugio de fases larvarias, juveniles y adultas de fauna.

Fuente: Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

Los SE se evalúan en formas diversas: los de aprovisionamiento tienen un valor mercantil, los de regulación y soporte se miden directamente (por ejemplo, el carbono absorbido por el océano, la cantidad

de nutrimentos remineralizada en humedales, la cantidad de hábitat disponible para una especie de interés comercial). En otras ocasiones es factible evaluarlos indirectamente, como la comparación entre costos de estructuras que tienen una misma función de servicio de regulación, como construir un sistema de purificación de agua con respecto al costo de proteger los humedales naturales. Los servicios que representan mayor dificultad para su evaluación son los de tipo cultural, por la función estética o recreativa que cada persona percibe comparativamente con respecto a otra persona.

Los factores del cambio global o del impacto humano que alteran la riqueza y abundancia de especies y las condiciones ambientales en escalas grandes o, muy frecuentemente, aun en escalas pequeñas impactan los SE y los beneficios que éstos aportan a la vida humana.

Las escalas de interacción entre SE y la sociedad (véase figura 1). Los SE actúan en diferentes escalas; los individuos se benefician de los recursos alimenticios, ingreso monetario, inspiración y recreación; las comunidades locales encuentran oportunidades de pesca, transporte y protección, con sitios para vivir y cultivar. Las administraciones regionales se benefician del pago de impuestos, del crecimiento urbano e industrial y del transporte, ofreciendo oportunidades económicas; esto conlleva la necesidad de conservación de la diversidad y protección de los hábitats. Los valores culturales asociados con los paisajes determinan si una región se desarrollará para un uso industrial, urbano o de conservación; los gobiernos y los grupos de presión industrial o ambiental juegan un papel fundamental en este tipo de decisiones regionales. Finalmente, en la escala global, los servicios de soporte —como la regulación del clima y la producción de oxígeno— benefician a toda la humanidad. Las nuevas tendencias de globalización han modificado los SE regionales a SE conectados globalmente, un ejemplo de ello es la pesca. Este recurso depende de muchos servicios en la escala local, por ejemplo, el refugio que proveen manglares y pastos marinos; en la escala regional, la preservación de la calidad del agua, que varía por el aporte de nutrimentos, la generación de condiciones de hipoxia, el florecimiento de algas tóxicas, los contaminantes, el hecho de que, en condiciones prístinas, provee de un gran beneficio económico global, por lo cual requiere de la gestión adecuada de las cuencas y estados.



Círculos=elementos comprendidos en el siguiente nivel; Flechas=interacción entre los SIMS y los niveles del sistema social.

Fuente: Tomado y modificado de Lotze H. K. y M. Glaser, 2008.

Figura 1. Vínculos de los SIMS a diferentes niveles de los sistemas ecológico y económico-social.

Mientras los individuos y las comunidades interactúan directamente con el sistema ecológico, la demanda y la presión del mercado se relacionan con el sistema de indicadores socio económicos, el tamaño de la población, el grado de desarrollo y el valor económico de los SE. La pesquería, ejemplificada en el primer tema de esta sección, sirve como ejemplo de SE que contribuyen mucho menos al Producto Interno Bruto en los sistemas ricos e intermedios, en cambio, donde los sistemas pobres dependen más de ecosistemas, se cuenta con más SE productivos y capaces de sostener pesquerías viables para la subsistencia local. Los SE en los SIMS son fundamentales en la provisión de proteína de origen marino y la protección durante eventos naturales destructivos.

Tendencias futuras. En los últimos 50 años las actividades humanas han modificado de manera acelerada, la estructura y función de los ecosistemas costeros, conllevando a la degradación de casi 60 % de los SE. En ambientes oceánicos, los esfuerzos de conservación en el siglo XX han permitido la recuperación de algunos de los recursos más afectados, como las ballenas; sin embargo, en la zona costera, se ha perdido casi 20 % de los arrecifes de coral y más de 35 % del área cubierta por

bosques de manglar que se taló en las pasadas dos décadas; otras especies, como los tiburones, han declinado aceleradamente sin tener un censo real de su pérdida. La degradación de los ecosistemas costeros a lo largo de los pasados tres siglos y en particular en las últimas décadas, con el crecimiento de la población y la demanda de recursos del ecosistema, ha reducido los SE esenciales (recursos alimenticios, provisión de hábitat y purificación del agua). Esta reducción producida por el crecimiento de los sectores minero, pesquero, de manufactura y construcción, afecta componentes del bienestar como es la supervivencia, la salud, la riqueza y las relaciones sociales que requerirán una atención inmediata en los próximos años.

Sustentabilidad y resiliencia de los ecosistemas

Los asentamientos y economías en la zona costera continuarán demandando recursos a los ecosistemas marinos los próximos 50 años, mientras la capacidad del sistema para proveer servicios se reducirá. La pregunta a corto plazo es, ¿cómo manejar los SIMS de forma que garanticen el aprovisionamiento de SE esenciales? Una de las formas es fortalecer la capacidad productiva y de resiliencia del ecosistema.

Un sistema con mayor resiliencia absorbe fácilmente el efecto negativo de una perturbación, sin cambiar su estado actual a un nuevo estado alterno. Al promover la resiliencia, por ejemplo, manteniendo la diversidad existente, se reduce el riesgo de cambios no lineales e irreversibles. El análisis de las pesquerías, en diversos SIMS en el mundo, mostró que, a mayor número de especies se incrementa la productividad primaria y secundaria, previniendo el colapso de las especies capturadas por la pesca y reduciendo el tiempo de recuperación en las especies ya colapsadas. Los esfuerzos de conservación y restauración de los ecosistemas degradados son factibles y permiten mantener los SE, pero tienen un costo muy grande.

En los sistemas sociales la resiliencia se incrementa con las capacidades de la sociedad para aprender y adaptarse. Un gran reto es tratar de invertir el proceso de degradación, atendiendo al mismo tiempo la demanda social creciente por SE. Para mantener los SE es necesario que

CUADRO 2. PERSPECTIVA DE LOS INDICADORES ECOLÓGICOS, ECONÓMICOS Y SOCIALES PARA EL GOLFO DE MÉXICO

Clima [ii]		Dimensiones [i] PP [i]			Riqueza de especies [i]					Atribos pesca 1950-2003 [i]			Incremento al Máximo		Decremento o del Máximo																									
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						
																																			Arrecifes de arrecifes % global [i]	Manglares [liii]	Pastos marinos [iv]	Algas [v]	Algas [v]	Impacto [vii]
alto	frontiero	s	USA	298,444	30	13,220	43,500	0.944	45	7.6	0.29	5	977	5	31	977	5	31	977	5	31																			
Desarrollo	Países	Población	% global [i]	Densidad poblacional	PIB [xii]	PIB [xiii]	IDH [xiv]	Gini [xv]	PCI [xvi]	Pescas [xvii]	% PIB	Impacto [vii]	Incremento en flujo de N	Zonas anóxicas # [viii]	x	Algas tóxicas [x]	x	año	1984	5.3	53.6																			
																						cálido templado	km ²	mgC m ⁻² d ⁻¹	417	peces	977	pulpos	5	31	maníferos marinos	T yr ⁻¹	Max T	1,801,383						

el individuo y las comunidades comprendan la conexión existente entre un ecosistema sano y el alcance de las metas sociales y económicas que se pretendan alcanzar por el estado para lograr el bienestar, incorporando y fortaleciendo a cambio los incentivos económicos y financieros.

Actividades complementarias

1. El agua como servicio para la vida humana:
 - a. Búsqueda de los costos por metro cúbico de agua para las ciudades de: Mérida, Yucatán; Villahermosa, Tabasco, ciudad de Chihuahua, y ciudad de México.
 - b. Elaboración de un mapa de disponibilidad de agua superficial a partir de la presencia de ríos (y su caudal o categoría).

Páginas de internet recomendadas

Programa de Mares Regionales, disponible en: <<http://www.unep.org/regionalseas/>>. Su enfoque es atender la degradación acelerada de los mares y zonas costeras a través de manejo integrado por países en una región. México es parte de la región del gran Caribe y del Pacífico nororiental.

GEO, disponible en: <<http://geodata.grid.unep.ch/>>. Bases de datos de evaluaciones ambientales para hasta 450 variables (emisiones, contaminantes, huracanes, etc.) para representarse como mapas, gráficas y cuadros de UNEP programa ambiental global.

Uso y producción de energía

● ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

Las características de la Tierra, sus procesos y su dinámica interna y externa, hacen posible la formación de fuentes no renovables de energía, elementos esenciales para la vida moderna. Los más comúnmente utilizados son el petróleo, el carbón y el gas natural, que suministran aproximadamente 90 % de la energía comercializada en el mundo (Enger, 2006).

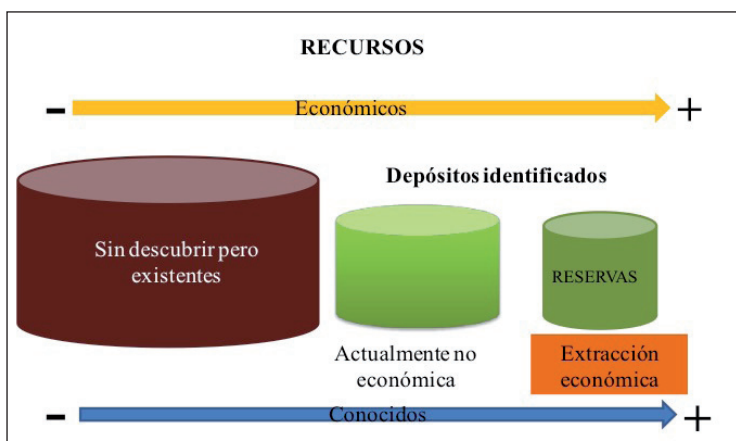
La tasa de formación de energéticos fósiles es baja, tanto que en el transcurso de la historia humana no se producirá una cantidad significativa, lo cual implica que sean considerados recursos No Renovables, pero definitivos en la forma de vida que conocemos. Habitualmente todo lo que rodea al ser humano está vinculado a ellos: la energía eléctrica, el combustible para el transporte, para cultivar la tierra o bombear agua, la ropa y todos los productos sintéticos; la dependencia de ellos provoca que las sociedades modernas los agoten más rápidamente de lo que tardan en reproducirse, ya que la cantidad es finita y su utilización ha transformado a las sociedades y al medio ambiente. Estos hidrocarburos se encuentran en los poros de las rocas productivas y constituyen los energéticos esenciales para el funcionamiento socioeconómico y cotidiano de la sociedad mexicana.

Energéticos fósiles: reservas y utilidad

Al evaluar la disponibilidad de estos recursos es necesario distinguir entre los conceptos recursos y reservas; el primero es:

una sustancia que se presenta de manera natural, para el uso de los seres humanos, y que es potencialmente extraíble mediante la tecnología del momento, mientras que las reservas son depósitos conocidos, a partir de los cuales se pueden extraer materiales de manera rentable, con la tecnología existente, pero bajo ciertas condiciones económicas vinculadas con la cantidad total en el mundo; por lo tanto, las reservas son más pequeñas que los recursos [op. cit.:187], (véase gráfica 1).

GRÁFICA 1. RECURSOS Y RESERVAS.



Fuente: Con base en Enger, 2006, p. 188.

Es fundamental considerar que la función de los energéticos fósiles, se valora a partir de:

- Su carácter no renovable y finito en la naturaleza.
- Demanda internacional.
- Altas y bajas de los precios internacionales.
- La tecnología para su exploración, explotación y transformación.

Así, “las reservas probadas de un recurso energético son aquellos montos del recurso en cuestión que están determinados y cuyo costo de explotación es competitivo a nivel internacional” (UNAM, 2000: 3);

por el contrario, las reservas únicamente se estiman, se realizan estudios del potencial a nivel local y varían, en cada caso. En cuanto a los energéticos renovables, se hace referencia al monto del recurso, incluyendo lo que se utiliza en la actualidad (*op. cit.*)

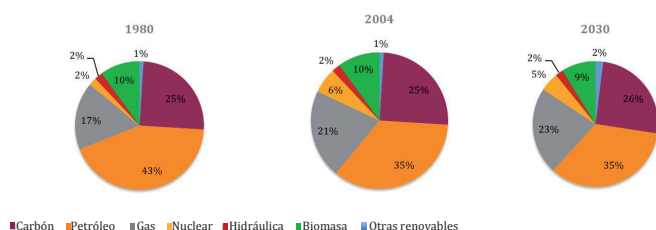
Las sociedades humanas son grandes consumidoras de energía fósil, sin embargo, antiguamente las civilizaciones utilizaron como fuentes de energía los músculos de humanos y de animales, y el fuego. Entre los antiguos mexicanos se sabe de afloramientos naturales de petróleo (chapopoteras) que se utilizaban con fines medicinales, como impermeabilizantes, materiales de construcción, para quemarse en ceremonias religiosas y/o para limpiar sus dientes (Mariel, s/f).

A lo largo de la historia de la humanidad han ocurrido transiciones energéticas; la primera, el descubrimiento del fuego, que inicia el control y modificación de algunos procesos naturales; la segunda transición, el hallazgo del carbón, que impulsó la Revolución Industrial, asociado con la invención de la tecnología. Para entonces, la energía era indispensable en la satisfacción de necesidades cotidianas e industriales, en sus principios empleando procesos y equipos básicos. Más adelante la introducción de la electricidad, luego la invención del motor de combustión interna modificó los medios de comunicación individual y colectiva; vinculado con esta dinámica, crece la dependencia del petróleo como el energético básico (IILSEN, 2004:4).

En la actualidad todas las sociedades requieren de energía constante y barata. La industria de la energía en el mundo está concentrada en empresas y grupos de empresas dedicadas a la extracción de petróleo, gas y carbón, recursos que controlan el mercado mundial; en cuanto a los dos primeros, destacan Exxon Mobil Corp. (EUA), Royal Dutch Shell (Países Bajos), British Petroleum PLC (Gran Bretaña) y Total S. A. (Francia), entre otras (Pemex, 2007:56)

La Agencia Internacional de Energía evaluó un periodo que comprende de 1980 a 2004 y la proyección del 2030, documento que revela la jerarquía del petróleo, gas y carbón; en 1980 cubrían 85 % de la demanda mundial de energéticos, para 2004 se redujo sólo en un 4 %, y para 2030 los tres energéticos cubrirán 82 % de la demanda; aunque prevén la reducción de la dependencia del petróleo, el incremento del gas y mantener la dinámica de uso del carbón (véase gráfica 3).

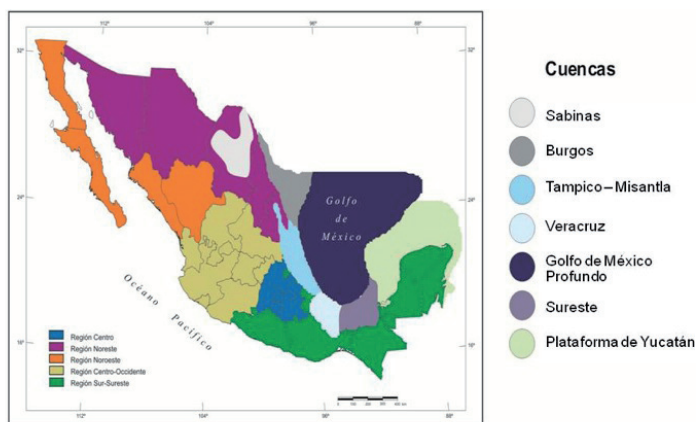
GRÁFICA 3. FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



Fuente: Agencia Internacional de Energía. (Outlook, 2006:66-67.)

Petróleo y gas natural

Las características geológicas y estructurales del territorio nacional hicieron posible la formación de yacimientos; los geólogos identifican áreas del terreno que presentan fallas y pliegues en las que quedara apesada materia orgánica que, en su momento, se transformará en hidrocarburos, compuestos formados por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, o bien, en carbón, una roca de origen orgánico (véase figura 1).



Fuente: Con base en Pemex, 2007: 63 y 2008: 4.

Figura 1. Cuencas y zonas operativas de Pemex.

Los energéticos fósiles, como el petróleo y el gas, “son restos de plantas, animales y microorganismos que vivieron hace millones de años; una acumulación de moléculas orgánicas ricas en energía y producidas por organismos, debido a la fotosíntesis generada hace millones de años” (Enger, 2006:172 y 187), y al posterior proceso de enterramiento, aunado a las condiciones de temperatura y presión, en un tiempo preciso ocurrió la transformación de la materia orgánica en hidrocarburos. Los yacimientos se localizan en el subsuelo, aproximadamente hasta los 6000 m; al fondo de éstos comúnmente se encuentra agua, por debajo de los depósitos mezclados de hidrocarburos pastosos y líquidos, y en la parte más alta se ubican hidrocarburos en estado gaseoso (INEGI, s/f).

La localización de estos yacimientos se basa en complejas investigaciones en las que participa un equipo multidisciplinario de especialistas que, en su dinámica de trabajo, buscan sal como evidencia, ya que es un compuesto químico que proporciona a los yacimientos su cualidad impermeable. En la naturaleza el petróleo se encuentra en estado sólido, como bitumen natural, líquido, conocido como crudo y gaseoso, como gas natural (*idem*).

Asimismo, “la composición de los crudos depende del lugar donde se hayan formado; las diferencias entre unos y otros se deben a las distintas proporciones de las diversas fracciones de hidrocarburos, y a la variación en la concentración de azufre, nitrógeno y metales” (Miliarium.com, 2008).

Entre los yacimientos descubiertos en 2006 destacan, en el golfo de México, el pozo Noxinado 1, Macarroca 1, Fogonero 101 y Platinado 1; en otras zonas como en la cuenca de Chiapas-Tabasco, el Cobra 1 y en la sonda de Campeche, Sikil 1.

Constitucionalmente la exploración y extracción está en manos de Petróleos Mexicanos (Pemex); una empresa dedicada a la gestión de las reservas del petróleo y del gas natural.

El petróleo mexicano es considerado de buena calidad; la referencia en grados del American Petroleum Institute (API) determina que el Olmeca (superligero) alcanza 38.30° API, superior al Brent Noruego pero inferior al West Texas Intermediate (WTI) o al de mayor calidad, el Arabian Light en 40°; a mayor número de API asignado, mayor calidad y valor de venta (INEGI, s/f).

Pemex es un órgano corporativo formado por cuatro organismos subsidiarios: Pemex Exploración y Producción (PEP); Pemex Refinación (PXR); Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) y Pemex Petroquímica (PPQ). La gestión de la empresa tiene un carácter geográfico, de acuerdo con la disponibilidad de reservas, dividen al país en cinco zonas operativas: Occidente, Norte, Centro, Valle de México y Sur (véase figura 1).

En el golfo de México se ubican los principales yacimientos de petróleo y gas y, por lo tanto, las instalaciones petroleras y procesadoras de gas; para su operación Pemex dividió la zona en las regiones marinas Noreste y Suroeste y las regiones terrestres Sur y Norte (véase cuadro 1).

CUADRO 1. RESERVAS Y PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS

Reservas y producción de hidrocarburos (millones de barriles de petróleo crudo equivalente)					
Años	2006	2007	2008	2009	2010
Región Marina Noreste	15 193.5	14 086.0	13 357.7	12 785.9	12 097.2
Región Marina Suroeste	4 043.5	4 647.0	4 759.9	5 189.4	6 010.8
Región Sur	6 641.4	6 246.3	6 216.1	5 862.5	5 824.3
Región Norte	20 539.1	20 397.0	20 149.0	19 724.8	19 142.4
Total	46 417.5	45 376.3	44 482.7	43 562.6	43 074.7
Reservas de gas seco (MMMpc)					
Años	2006	2007	2008	2009	2010
Región Marina Noreste	3 621.7	3 067.5	2 709.7	2 619.7	2 509.3
Región Marina Suroeste	3 770.1	6 048.5	6 566.2	7 165.8	8 920.0
Región Sur	8 373.3	7 687.3	7 389.9	6 832.1	6 482.6
Región Norte	30 950.5	30 564.5	29 193.0	28 005.0	26 800.2
Total	46 715.6	47 367.9	45 858.8	44 622.7	44 712.2

Fuente: Con base en Pemex, 2011:14.

Las reservas y producción se concentran principalmente en las regiones marinas Noreste y Norte, reúnen aproximadamente más de 74 % del total de las reservas y producción de hidrocarburos; en cambio las regiones Suroeste y Sur, representan únicamente el 26 % restante; pero si se observan los datos en un periodo de cinco años, la dos primeras regiones han disminuido su producción; en cambio, las regiones del sur se mantienen constantes, o bien, incrementan mínimamente su rendimiento (Pemex, 2011).

El gas natural originalmente se quemaba, era un subproducto de la extracción del crudo, formado principalmente por metano, con una pequeña cantidad de propano y butano; para utilizarlo se tienen que separar sus componentes, procesos que realizan los centros procesadores de gas. Las mayores reservas y producción se aglutinan en la Región Norte, que concentra el 60 %, —aquí se localiza la cuenca de Burgos—, seguida por la Región Marina Suroeste con el 20 %.

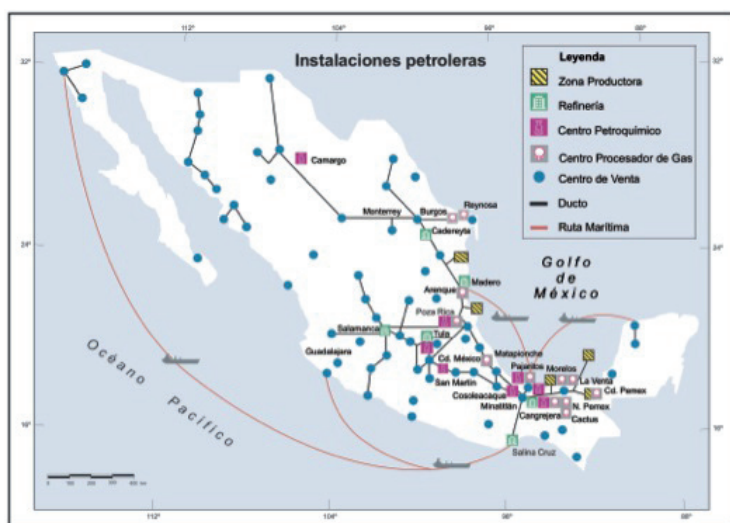
La producción de crudo en 2010 fue de 2 578 Mbd; de gas natural 7 020 MMpcd; logrados en 405 campos de producción; en 7 476 pozos en exploración y 233 plataformas marinas; los hidrocarburos son trasladados mediante 4 767 oleoductos y 7 526 gasoductos; para su movilización hacia los centros procesadores de gas, a refinerías, complejos petroquímicos y/o terminales de distribución o de almacenamiento (véase cuadro 1).

En general las reservas probadas al 1 de enero de 2011 fueron 10 161 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce); líquido del gas 1 233 MMbpc y gas seco 2 402 MMbpc (Pemex, 2011:13).

El 53.3 % del petróleo crudo que se extrae en los campos y pozos es conducido a las terminales de exportación y 46.7 % a refinerías. El crudo se procesa en seis refinerías, entre las más importantes se encuentra Salina Cruz, que transforma 22.8 % y Tula 22.5 %; en conjunto procesan más de 45 % del crudo; elaboran productos petrolíferos como gasolina, diesel, combustóleo, turbosina y gas licuado, entre otros. El resto de las refinerías, en orden de importancia con respecto a su capacidad de producción son Salamanca, Cadereyta, Minatitlán y Madero (Pemex, 2011).

El petróleo crudo también se procesa en complejos y plantas petroquímicas; en orden de importancia por su capacidad de producción se

encuentran Cosoleacaque, La Cangrejera, Morelos, Pajaritos, Escolín, Camargo, San Martín Texmelucan, Tula y Reynosa (véase figura 2). Manufacturan compuestos que son la base de diversas cadenas productivas, las cuales determinan una amplia gama de productos petroquímicos y éstos son, entre otros, los derivados del etano 31.8 %, del metano 25.6 %, aromáticos y derivados 17 %, propileno y derivados 0.9 %, que se utilizan en las industrias de fertilizantes, de plásticos, alimentaria, farmacéutica, química, textil, etcétera (*op. cit.*:48-50).



Fuente: Pemex, 2007:6.

Figura 2. Distribución espacial de la infraestructura de Pemex.

Pemex aprovecha el gas natural aproximadamente en un 90 %, una mínima cantidad se pierde en la atmósfera; lo conducen a los complejos procesadores de gas, entre ellos Poza Rica, Pajaritos, La Cangrejera, Morelos y La Venta; producen gas seco, que lo adquieren principalmente el sector industrial-distribuidoras y el sector eléctrico; se utiliza a nivel doméstico, industrial y para el transporte (véase figura 2).

La posición mundial de México con respecto a la producción de petróleo y gas natural es el lugar 17 en cuanto a reservas probadas de petróleo crudo; de gas natural el 33; en producción de petróleo crudo el 7; de gas natural el 12 y en capacidad de destilación primaria el 14 (Pemex, 2011:66). Los principales socios comerciales son Estados Unidos, España, India, China y Canadá, entre otros.

La distribución espacial de la infraestructura de Pemex se concentra principalmente hacia el litoral del golfo de México; la infraestructura y zonas de producción se distribuyen en Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche. Estos centros industriales coexisten con zonas prioritarias para la conservación terrestre, hidrológica y marítima; en conjunto albergan una enorme diversidad de hábitats como el humedal marino, el sistema de lagunas interdunarias de la ciudad de Veracruz, la laguna de Términos en Campeche e, incluso, el sistema de manglares más extenso del país, la región manglares de la península de Yucatán; de igual forma, coinciden espacialmente con los arrecifes de coral del golfo de México y el banco de Campeche; ambos ecosistemas costeros con una elevada diversidad biológica que sostienen una actividad pesquera disminuida por las actividades de Pemex (véase figura 2).

Carbón mineral

El carbón es una roca de origen orgánico resultado de la diagénesis, a cierta presión y temperatura, de materia vegetal procedente principalmente de pteridofitas, gimnospermas y angiospermas; se formó durante el Paleozoico tardío, específicamente en los periodos Carbonífero y Pérmico. En México las cuencas de carbón pertenecen principalmente a tres periodos y épocas geológicas; las de mayor antigüedad pertenecen al Triásico Superior-Jurásico Medio (200 a 170 millones de años) y se localizan en los estados de Sonora y Oaxaca; otras pertenecen al Cretácico (170 a 70 millones de años), y se encuentran en los estados de Coahuila, Chihuahua y Sonora; por último, las cuencas del Eoceno (50 a 40 millones de años) que se ubican en los estados de Nuevo León y Tamaulipas [Corona *et al.*, 2008], (véase cuadro 2).

CUADRO 2. RESERVAS DE CARBÓN POR CUENCA, 2000

<i>Cuenca</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Millones de toneladas</i>
Villa de Fuentes-Río Escondido	Coahuila	535.4
Colombia	Nuevo León	91.7
La Mixteca	Oaxaca	31.0
Barranca	Sonora	4.8
Total		662.9

Fuente: UNAM. 2000:8.

En las entidades mencionadas se han encontrado las reservas de carbón con mayor importancia económica, aunque en los estados de Baja California, Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz también se encuentran cuencas carboníferas.

La región carbonífera más importante es la cuenca carbonífera de Coahuila, tiene 62 km de longitud, con una anchura de 24 km; además, representa prácticamente 100 % de la producción nacional.

La producción nacional de carbón es muy reducida si se compara con países como Estados Unidos de América, Rusia y China; México desde 2002 y hasta 2007 se mantuvo en un rango de 11.1 a 12.2 millones de toneladas métricas (mtm); una producción similar a la que se importa, aproximadamente de 11.7 mtm (Wallace, 2009).

Su producción se concentra en Coahuila, con 13 555 680 de toneladas de carbón “Todo Uno”; específicamente en la cuenca carbonífera de Coahuila, en los municipios de Nava, Múzquiz, Sabinas y San Juan de Sabinas, que son los más destacados por su producción, aunque también se halla en Progreso, Juárez, Monclova y Escobedo. En cuanto a la producción de coque nacional se concentra en Coahuila, en Monclova y San Juan de Sabinas, con un total de 1 315 444 toneladas, durante 2009 (SGM, 2010: cuadros 45 y 48).

En realidad los depósitos de carbón en México no tienen la extensión ni el espesor que presentan otros yacimientos a nivel mundial, por lo que sus reservas son pequeñas, 1.2 millones de toneladas, 0.1 % del total mundial, de las cuales cerca de 860 mt son de carbón bituminoso. Sus reservas probadas son de 99 años; la razón reserva-producción es

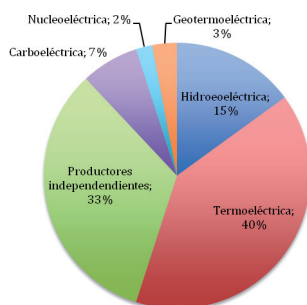
de 234 años. El 83 % de la producción del carbón térmico sub-bituminoso se utiliza en las plantas carboeléctricas y el carbón coquizable en la industria siderúrgica y lo compra principalmente Altos Hornos de México (Wallace, 2009).

Entre los principales compradores de carbón está la Comisión Federal de Electricidad; las plantas carboeléctricas José López Portillo, que produce 1 200 MW; Río Escondido en Coahuila y Carbón II (1 400 MW, y opera desde 1982); otras de ciclo dual, como Petacalco y Manzanillo, utilizan carbón mexicano e importado por la calidad requerida; su producción representan 9.2 % del total de electricidad que se consume en el país.

Generación de energía eléctrica

¿Quién demanda la producción de energía? La respuesta a esta pregunta resulta amplia y compleja; en este caso una de las respuestas está relacionada con el tipo de energía eléctrica que se produce; la generación de energía eléctrica en México por tipo procede, en un 40 % de termoeléctricas y en un 33 % de productores independientes; el resto se divide entre hidroeléctricas, carboeléctricas, geotérmicas, nucleoelectrica y eoloelectrica, con la que únicamente se generan 166 GW/hora (véase gráfica 4).

GRÁFICA 4. GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TIPO (GW/HORA)

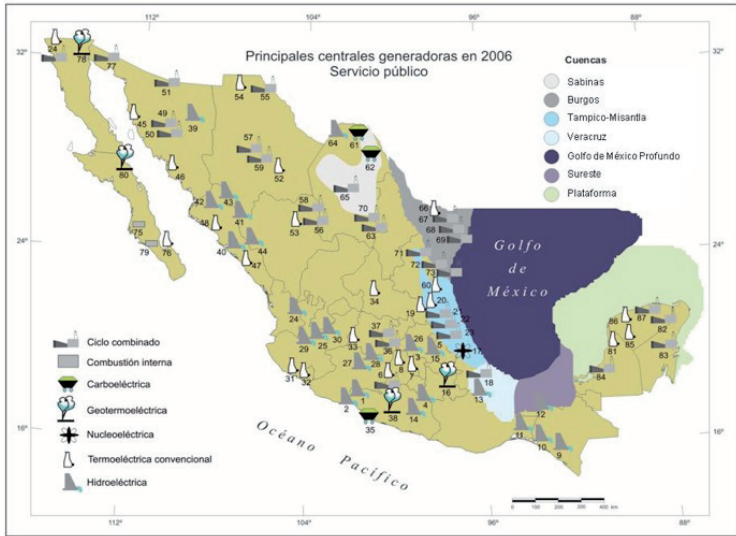


Fuente: Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, 2010.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) se encarga de la infraestructura y operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN); para este fin divide al país en nueve regiones: Baja California, Baja California Sur, Noroeste, Norte, Noreste, Occidental, Central, Oriental y Peninsular. Variables tales como centros de consumo residencial, industrial, comercial, servicios y distribución de la población mexicana, aunada al acceso a la tecnología y al financiamiento, determinan el sistema eléctrico nacional; opera a través de centrales generadoras controladas por la CFE, o bien, mediante concesiones otorgadas por la Secretaría de Energía a empresas privadas.

El mapa denominado Principales centrales generadoras de energía eléctrica públicas (véase figura 3), ilustra las primordiales centrales generadoras controladas por el gobierno federal a través de la CFE; para 2006 era un total de 87, de muy diversa tecnología, entre ciclo combinado, de combustión interna, carboeléctricas, geotérmicas, hidroeléctricas y nucleoeeléctricas. La distribución está relacionada, en algunas de ellas, con el combustible que utilizan para generar la electricidad; en el caso de las carboeléctricas en Coahuila; no obstante, la de mayor capacidad de Petacalco en Guerrero, opera mediante ciclo combinado; las centrales geotérmicas en Mexicali, Michoacán y Puebla; las hidroeléctricas, que aprovechan el agua de los ríos, entre éstas las más importantes son el sistema Malpaso, Peñitas y Chicoasén en Chiapas. Aunque las termoeléctricas son las que generan mayores cantidades de electricidad al SEN, se distribuyen principalmente asociadas con los usuarios, en el norte con centros agrícolas, industriales y residenciales y en el centro y la península de Yucatán, principalmente con asentamientos humanos e industriales.

En los estados del golfo, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco, dominan las centrales de ciclo combinado y combustión interna, las cuales operan vinculados con los centros operados por Pemex, debido a que proveen a éstos de electricidad y, al mismo tiempo, reciben abasto de combustóleo, diesel y gas natural para su operación. En Veracruz se localiza la única nucleoeeléctrica mexicana, Laguna Verde, indicada con el número 17 en la figura 3, la cual contribuye con 2 % de la electricidad para el país.



Fuente: Con base en CFE, 2008:40-42 y Pemex, 2007.

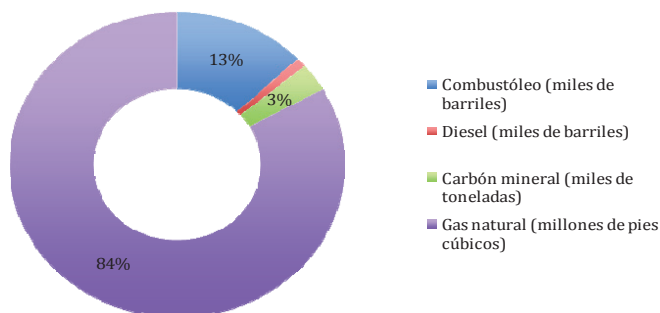
Figura 3. Principales centrales generadoras de energía eléctrica públicas.

Con respecto a los productores independientes que operan en México desde el año 2000, controlan 24 centrales aglutinadas principalmente en el norte del país; participan empresas como Gas Natural México, S. A., Iberdrola, S. A., Unión Fenosa, S. A. y Mitsubishi Corporation, por mencionar sólo algunas de las que tienen mayor número de concesiones; se localizan principalmente en Tamaulipas seis centrales; en Veracruz tres; en Yucatán, Sonora, Durango y Oaxaca dos en cada entidad; entre otras que únicamente tienen una central de esta modalidad están Coahuila, Guanajuato, Campeche, Baja California y San Luis Potosí, principalmente de tecnología de ciclo combinado, excepto en Oaxaca que cuentan con dos centrales eoloelectricas. Las de mayor capacidad son las centrales Altamira III y IV, con una capacidad de 1 154 MW, controlada por Iberdrola, S. A. (Dirección General de Planeación Energética, 2010:79).

El SEN se encuentra interconectado con el exterior a través de enlaces que operan de manera permanente y los que se utilizan en situaciones de emergencia; el comercio exterior de energía eléctrica se realiza a través de nueve interconexiones entre EUA y México, así como una interconexión de México con Belice y otra con Guatemala (*ibid.*: 100).

La generación de energía eléctrica nacional por tipo de combustible aprovecha los recursos fósiles que posee el territorio mexicano y, al mismo tiempo, sigue la política ambiental internacional con respecto a la reducción de la dependencia del petróleo crudo, sustituyéndolo con gas natural; de esa forma, este energético abastece la generación de energía eléctrica en 84 %, el resto del abasto lo componen, principalmente, el combustóleo en 13 %, el carbón en 3 % y, por último, el diesel con 2 401 de barriles (véase gráfica 5); en conjunto generan 241 491 GW/hora.

GRÁFICA 5. GENERACIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE

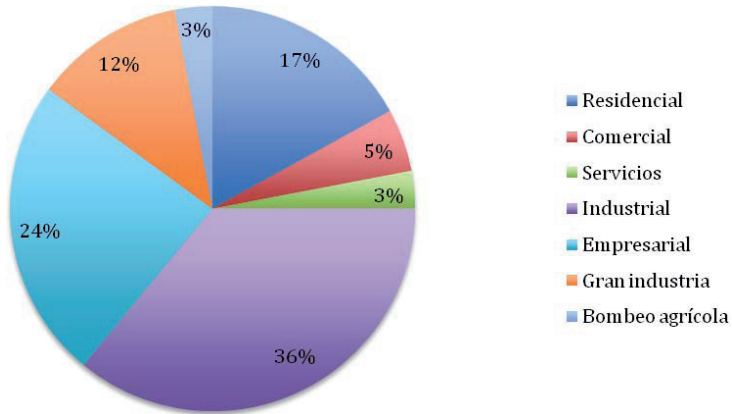


Fuente. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, 2010.

La parte final de la respuesta a la pregunta ¿quién demanda la energía eléctrica?, atañe a los usuarios de la electricidad; la Secretaría de Energía considera que, en los últimos 10 años, los sectores de servicios y residencial son los que han tenido mayor dinamismo en el consumo de energía eléctrica, seguidos por la empresa mediana, y es este rubro el que concentra la mayor proporción de las ventas internas de la CFE (Dirección General de Planeación Energética, 2010:85). Al revisar los

datos de 2009 el comportamiento se confirma, los mayores consumos los efectúan la industria con 36 %, la empresa mediana con 24 % y, en tercer sitio, el residencial con 17%, seguido por otro usuario, la gran

GRÁFICA 6. VENTAS INTERNAS SECTORIALES
DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 2009 (GWh)



Fuente. Secretaría de Energía. Comisión Federal de Electricidad, citado en Dirección General de Planeación Energética, 2010:86.

industria, con 12 %; el 11 % restante se divide entre el comercial, los servicios y el bombeo agrícola (véase gráfica 6).

En cuanto a la demanda de energía eléctrica a nivel de estado, los mayores consumidores en orden de magnitud son el Estado de México, Nuevo León, el Distrito Federal, Jalisco, Baja California y Sonora; en general, asociados al dinamismo de los centros industriales y residenciales instalados en estas entidades (*ibid.*: 88).

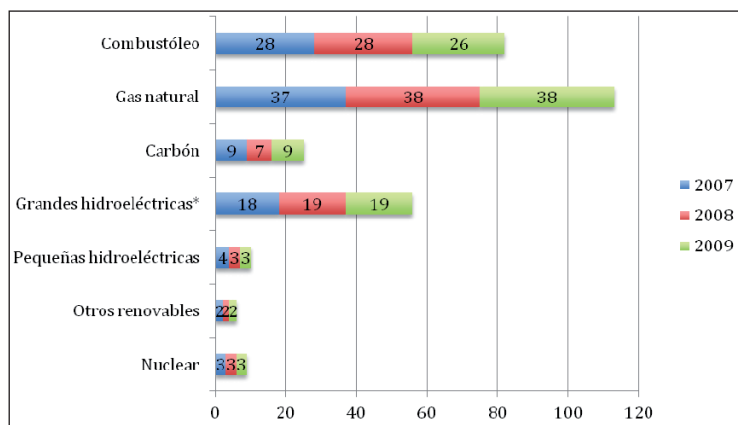
Energéticos renovables

Las zonas urbanas e industriales continuarán creciendo y, como consecuencia, la demanda de servicios básicos; del mismo modo, la electricidad se incrementará en proporción, por ello, la CFE necesita

expandir la capacidad de generación y transmisión a mediano y largo plazo, además de cumplir con las normas de protección al ambiente.

En un periodo de tres años, de 2007 a 2010, la capacidad de generación se ha comportado de manera constante para las diversas fuentes primarias, dominan el gas natural, el combustóleo y la hidroelectricidad, sin embargo, en la gráfica 7, se incluyen las fuentes renovables que participan con 2 % de la generación de electricidad en el territorio nacional; en este rubro se considera la eoloelectricidad, las pequeñas hidroeléctricas, la geotermia, la energía solar y la biomasa; la participación de las dos últimas es mínima, posiblemente por el desarrollo tecnológico que implican, se concentran en proyectos locales, o bien a nivel experimental.

GRÁFICA 7. CAPACIDAD DE GENERACIÓN
POR FUENTE PRIMARIA DE ENERGÍA, 2007-2010



* Las grandes hidroeléctricas tienen una capacidad de generación igual o mayor a 70 MW.

Fuente: Secretaría de Energía. Comisión Federal de Electricidad, citado en Dirección General de Planeación Energética, 2010:145.

La Sener, en combinación con la CFE, cuentan con proyectos y centros experimentales dirigidos a impulsar la producción de energía procedentes de la hidroelectricidad, eoloelectricidad y geotermia; la meta es que, a partir de 2015, los energéticos renovables incrementen su

participación en el SEN, a través de la puesta en marcha de centrales generadoras de electricidad: 11 eoloeléctricas, 10 hidroeléctricas, seis de biomasa y cuatro que aprovecharán la energía solar; este desarrollo contempla la participación de Pemex (*ibid.*: 147).

Una alternativa que la CFE ve más probable es la eoloenergía; existen cálculos que determinan un potencial privilegiado de 40 000 MW, e indican que las regiones más viables se localizan en el istmo de Tehuantepec y en las penínsulas de Yucatán y Baja California (Torres, 2006:21).

Entre las que menor impulso reciben en los proyectos de la CFE está la tecnología para generar energía solar; en México, desde 2003, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos es de 8 000 MWh/año, dedicada básicamente a la electrificación rural, al bombeo de agua y a la refrigeración. Su potencial nacional es uno de los más altos del mundo; especialistas mexicanos han calculado una insolación media de 5 kWh/m (*ibid.*: 20).

Por último, la bioenergía, utiliza como energético la materia orgánica, por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos como el biogás o líquidos como el bioetanol o el biodiesel (Torres, 2006:24), que se utilizan principalmente para el transporte y la generación de electricidad y/o térmica en la industria azucarera.

La materia prima que manejan proviene de cultivos energéticos, entre ellos el sorgo dulce, la higuierilla, la remolacha azucarera o bien, el bagazo de la caña de azúcar, aunque tradicionalmente el más utilizado ha sido la madera. En México “del potencial estimado, 40 % proviene de los combustibles de madera, 26 % de los agro-combustibles y 0.6 % de los subproductos de origen municipal” (*ibid.*: 24).

Aunque existe potencial para desarrollar la producción y el consumo de biocombustibles, aún está muy lejos de generar tecnología y políticas de apoyo para ello, situación que ya ocurre en países como Brasil, EUA, Canadá y Francia, entre otros.

Estudio de caso

¿Petróleo en aguas profundas?

Los yacimientos en “aguas profundas” se ubican en tirantes de agua mayores de 500 m, es decir, la distancia entre la superficie y el lecho marino. No es nueva la exploración y extracción en estos sitios; la producción mundial es de poco más de 6 millones de barriles diarios que, en conjunto, producen diversos países, entre los más destacados por su producción están Brasil, Nigeria, Estados Unidos, Angola, Egipto, Gran Bretaña, Noruega, India, Filipinas y Guinea Ecuatorial.

Pemex desde hace 70 años se ha encargado de la exploración y extracción de los hidrocarburos, identificando diversas cuencas petroleras que están o estarán en operación, entre éstas destaca la parte profunda del golfo de México, prácticamente inexplorada y con enorme potencial, de acuerdo con estudios geológicos y geofísicos practicados por la paraestatal. Actualmente la mayor profundidad a la que Pemex opera es de 91.4 metros (del lecho marino a la superficie), localizados en el Activo Integral Ku Maloob Zaap, en la sonda de Campeche.

Los yacimientos de “aguas profundas” se localizan en las aguas territoriales del golfo de México, tienen una extensión de alrededor de 575 000 km² en las que Pemex estima existen numerosos campos y recursos potenciales de hidrocarburos; se ubican en el subsuelo entre 500 y 3 200 metros de tirante de agua (véase figura 1 de la página 174). Calcula que hay 26 500 millones de barriles de petróleo equivalente en recursos prospectivos, es decir, que pueden existir en la zona; sin embargo, se trata de un yacimiento transfronterizo compartido con Estados Unidos y con Cuba; en la porción estadounidense (yacimientos de “Perdido”) operan alrededor de 30 compañías de diversas nacionalidades, entre ellas, noruegas y brasileñas, que han identificado 190 campos de los que ya se explotan 150. En un periodo de 15 años de explotación han alcanzado una producción de alrededor de un millón de barriles diarios, y 3 900 millones de pies cúbicos por día de gas; han perforado un promedio

de 100 pozos al año. Por otro lado, en la porción cubana ya han dividido su mar territorial en 59 bloques, de los cuales 24 ya están concesionados a empresas como PDVSA, Repsol y Petrobras, de banderas venezolana, española y brasileña, respectivamente.

Acceder a estos yacimientos ha requerido del diseño de plataformas marinas con herramientas que permitan separar dos líquidos, el petróleo y el agua salada; es necesario utilizar plataformas semisumergibles de perforación o barcos perforadores especializados, escasos en el mundo. Las plataformas flotantes tienen dispositivos de flotación, anclaje y/o posicionamiento dinámico y un alto grado de automatización; disponen de capacidad para realizar pruebas de producción de pozos para obtener parámetros del yacimiento; pueden operar en condiciones climáticas severas y cuentan con una mayor autonomía de operación.

Actividades complementarias

1. Investiga cuáles son los pozos operados por Pemex con mayores reservas de petróleo y gas natural.
2. Indaga cuáles son los pozos operados por Pemex más productivos y a qué región petrolera pertenecen.
3. Averigua la importancia del estrecho de Ormuz.
4. Investiga cuáles son los países con mayores reservas de energéticos fósiles.
5. Explica cuál es la función de las plantas endulzadoras de gas y de las plantas criogénicas.

Páginas de internet recomendadas

Agencia Internacional de Energía, disponible en: <<http://www.iea.org/>>.

Comisión Federal de Electricidad, disponible en: <<http://www.cfe.gob.mx/Paginas/Home.aspx>>.

Secretaría de Energía, disponible en: <<http://www.sener.gob.mx/>>.

Petróleos Mexicanos, disponible en: <<http://www.pemex.com/>>.

Bibliografía

- ABARCA, F. J., “Definición e importancia de los humedales”, en Abarca, F. J. y M. Herzing, eds., *Manual para el manejo y conservación de los humedales en México* [en línea]. <INNE/PRONATURA/SEMARNAT/North American Wetlands Conservation Council/RAMSAR/The Nature Conservancy/Society of Wetlands Scientists/Comité Pigua/Ducqs Unlimited de Mexico/Arizona Game and Fish/WNCCWS>. México, 2002.
- ABARCA, F. J. y M. Cervantes, “Definición y clasificación de humedales”, en *Manual para el manejo y conservación de los humedales de México*. México, Semarnat y Ecología. Fish al Wildlife Service/Arizona. Game and Fish. Departament/Wetlands International The American-program, 1996.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA. *Outlook*, 2006.
- AGUAYO QUEZADA, Sergio, *Almanaque Mexicano 2008* [en línea]. México, Santillana, 2007-2008, <<http://www.santillana.com.mx/almanaque/alma1a56/flash.html#/18/>>.
- AGUIRRE R., J. R., “Enfoques para el estudio de las actividades agrícolas en el Altiplano Potosino-Zacatecano”, en *Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México*. Estado de México, Colegio de Posgraduados de Chapingo, 1983, pp. 105-118.
- ARRIAGA CABRERA, L., V. Aguilar Sierra y J. Alcocer Durand, *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. México, Conabio, 2000, p. 327.
- ALONGID, M., “Present state and future of the world’s mangrove forests”, en *Environmental Conservation*, vol. 29, núm. 3. Inglaterra, Cambridge, 2002, pp. 331-349.
- BARBOSA, Fabio, *Exploración y reservas de hidrocarburos en México*. México, UNAM, 2000.
- Barton B. y L. Merino, *La experiencia de las comunidades forestales en México*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004.
- BROWN, Joan et al., *Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour*. Inglaterra, Pergamon Press-The Open University, Oxford, 1989, p. 165.

- CABALLERO DELOYA, M., *La actividad Forestal en México*, t. I. México, Universidad Autónoma Chapingo, 2000, pp. 25-34.
- CAMIMEX, *Revista Camimex*. México, Cámara Minera de México, 2004-2009.
- CÁMARA MINERA DE MÉXICO, *La industria minera: retos y oportunidades*. México, Cámara Minera de México, 2009.
- CAPITANACHI, Clío coord., *Unidades ambientales urbanas*. México, Instituto de Ecología / Sigolfo / Universidad Veracruzana-Xalapa, 2000, p. 51.
- CARAVIAS, Julia y Rosalva Landa, *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. México / UNAM / El Colegio de México / Fundación Gonzalo Río Arronte, 2005, p. 219.
- CASTELÁN CRESPO, *Análisis y perspectiva del recurso hídrico en México*. México, CTMMA / IPN / CIEMAD, (s/f), p. 37.
- CENTRO DEL TERCER MUNDO PARA EL MANEJO DEL AGUA, *El recurso hídrico en México*. México, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A.C., 2003, p. 267.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA, *Información bioclimática de Baja California* [en línea]. México, CICESE, Ensenada, Baja California, <<http://geologia.cicese.mx/ahinojosa/Bioclima/H1/Entrada.htm>>.
- CERVANTES R., M. C., *Análisis geográfico de recursos vegetales y faunísticos de México*. México, 1987. Tesis, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, pp. 42, 77, 128.
- CERVANTES R., M. C., *Plantas de importancia económica en zonas áridas de México*, vol. I, México, Instituto de Geografía, UNAM, 2002.
- CERVANTES, M. y M. Hernández, *Biología general*. 2a. ed. México, Publicaciones Cultural, 2004, pp. 640-662.
- CICESE, *Información bioclimática de Baja California* [en línea]. <<http://geologia.cicese.mx/ahinojosa/Bioclima/H1/Entrada.htm>>.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, “Programa de obras e inversiones del sector eléctrico 2008-2017”, en *Subdirección de Programación*. México, CFE, 2008, pp. 2-6 y 40-42.

- CONAGUA, *Estadísticas del agua en México*. México, Semarnat, 2006, p. 30.
- CONAGUA, *Estadísticas del agua en México*. México, Semarnat, 2007, p. 259.
- CONAGUA, *Estadísticas del agua en México*. México, Semarnat, 2008, p. 227.
- CONAGUA, Portal Conagua, disponible en: <http://conagua.gob.mx>
- CONAPESCA-SAGARPA, *Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura*. México, Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, 2007.
- COLL, Atlántida coord., María Teresa Sánchez y Josefina Morales. coords. *La minería en México. Geografía, historia, economía y medio ambiente*, México, Instituto de Geografía, UNAM, 2002.
- COLL, Atlántida, María Teresa Sánchez y José María Casado, “Tema Minería”, en A. Coll, coord., *Nuevo Atlas Nacional de México*, sec. Economía. México, Instituto de Geografía, UNAM, 2007.
- CHALLENGER, A., *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. México, Conabio / UNAM / Sierra Madre, 1998, p. 847.
- DIAZ, R. J., J. Nestlerode y M. L. Diaz, “A global perspective on the effects of eutrophication and hypoxia on aquatic biota”, en G. L. Rupp y M. D. White, eds., *7th international symposium on fish physiology, toxicology and water quality*. Georgia, Tallinn, Estonia, U.S. Environmental Protection Agency, Ecosystems Research Division, Athens, 2004.
- DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA, *Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025*. México, Secretaría de Energía, 2010, pp. 79, 86, 88, 100, 145 y 147.
- DOF, “Ley de Aguas Nacionales, Secretaría de Gobernación”, en *Diario Oficial de la Federación*, 5 de diciembre 2001.
- DOF, “Ley de Aguas Nacionales, Secretaría de Gobernación”, en *Diario Oficial de la Federación*, 29 de abril de 2004.
- DOF, “Ley de Aguas Nacionales, Secretaría de Gobernación”, en *Diario Oficial de la Federación*, 1 de diciembre de 1999.

- ENGER ELDON, Smith Bradley y Anne Tood Bockarie, *Ciencia ambiental un estudio de interrelaciones*. México, McGraw Hill, 2006, p. 461.
- ENTENDIENDO LA GEOGRAFÍA [en línea]. <<http://entendiendolageografia.blogspot.mx/2010/10/elementos-y-factores-del-clima-en.html>>.
- GALINDO-LEAL, C., *El rompecabezas regional-herramientas para el desarrollo sostenible*. México, WWF, 2006.
- GARCÍA, E., R. Vidal y M. E. Hernández, “Las regiones climáticas de México”, en *Atlas Nacional de México* [en línea]. vol. 2, cap. IV, núm. 10. México, Instituto de Geografía, UNAM, 1989, <http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra_mapa.php?cual_mapa=TII-IV-4-10.jpg>.
- GONZÁLEZ ESTRADA, A., *Los tipos de agricultura y las regiones agrícolas de México*. México, Colegio de Postgraduados, Chapingo, 1990.
- GRACÍA, A., “Biotecnología Marina y Acuicultura”, en F. Bolívar Zapata ed., *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI. Retos y oportunidades*. México, SEP / Conacyt, 2001, pp. 209-222.
- HERNÁNDEZ C., M. E. y E. García, “Condiciones climáticas en las zonas áridas de México”, en *Geografía y desarrollo*, núm. 15. México, Colegio Mexicano de Geógrafos Posgraduados, 1997, pp. 1-38.
- HERNÁNDEZ X., E. “Los pastos y pastizales”, en *Las zonas áridas del centro y norte de México y el aprovechamiento de sus recursos*. México, IMRN, 1964, pp. 114-130.
- HINOJOSA, J., *El ejido en México, análisis jurídico*. México, Centro de Estudios Históricos del Agrarismo en México, 1983.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, *Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México*. México, Dirección de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas / INE / Semarnat, 2005.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES LEGISLATIVAS DEL SENADO DE LA REPÚBLICA, *Nuevas energías renovables: una alternativa energética sustentable para México. (Análisis y propuesta)*. México, IILSEN, UNAM, 2004, p. 4.

- INEGI, "Petróleo", en *Cuéntame* [en línea]. sec. Economía. <<http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/petroleo.asp>>.
- KENNISH, M. J., "Environmental threats and environmental futures of estuaries", en *Environmenal Conservation*, vol. 29. Inglaterra, Cambridge, 2002, pp. 78-107.
- KOTTEK, M. *et al.*, "World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated", en *Meteorol* [en línea]. <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>, http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pics/kottek_et_al_2006.gif>.
- LIBES, Susan M., *An introduction to Marine Biogeochemistry*. Nueva York, John Wiley & Sons, 1992.
- LOTZE H. K. y M. Glaser, "Ecosystem Services of Semi-Enclosed Marine Systems en E. R. Urban", Jr. *et al.*, *Bays and Bounded Seas The Science and Management of Semi-Enclosed Marine Systems*. Suecia, Scope 70, Island Press, 2008.
- LÜNING, K., *Seaweeds: their environment, biogeography and ecophysiology*. Nueva York, Wiley, 1990.
- MARIEL LEZAMA, Francisco, *Historia de la exploración petrolera en México* [en línea]. <<http://www.ref.pemex.com/octanaje/23explo.htm>>.
- MATEO RODRÍGUEZ, J. M., *Geografía de los paisajes. Primera parte paisajes naturales*. La Habana, Ministerio de Educación Superior, Universidad de La Habana, Facultad de La Habana 2007.
- MATEO RODRÍGUEZ, José M., "La cuestión ambiental desde una visión sistémica", en *II Seminario Internacional sobre pensamiento ambiental, II Encuentro Latinoamericano sobre filosofía y medio ambiente*. Manizales, Caldas, Colombia, 9 a 11 de noviembre de 2005.
- MERINO, Martín, "The Coastal Zone of México", en *Coastal Management*, vol. 15. Reino Unido, 1987, pp. 27-42.
- MERINO, Martín y Adela Monreal, "Ocean Currents and their Impact on Marine Life", en *Enciclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Reino Unido, UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, 2004. <<http://www.eolss.net>>.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Washington, Island Press, 2005.

- MILIARIUM.COM, “Composición del Petróleo”, en *Ingeniería Civil y Medio Ambiente* [en línea]. <<http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/MareasNegras/ComposicionPetroleo.asp>>.
- MIRANDA, F. y X. E. Hernández, “Fisiografía y vegetación”, en *Las zonas áridas del centro y noroeste de México*. México, Instituto de Recursos Naturales Renovables, 1964, pp. 1-28.
- MOSIÑO, A., “Climatología de las zonas áridas y semiáridas de México”, en *Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México*, núm. 15. México, Memoria de Simposio. Colegio de Posgraduados, 1983, pp. 30-31.
- ORTH, R. J. *et al.*, “A Global Crisis for Seagrass Ecosystems”, en *BioScience*, vol. 56. Estados Unidos de América, American Institute of Biological Sciences, 2006, pp. 987-996.
- PALACIO PRIETO, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, “Nota técnica. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Nacional Forestal 2000”, en *Investigaciones Geográficas*, Boletín núm. 43. México, Instituto de Geografía, UNAM, 2000, pp. 183-203.
- PEMEX, *Anuario Estadístico 2006* [en línea]. <<http://www.pemex.gob.mx>>.
- PEMEX, *Anuario Estadístico 2007* [en línea]., <http://www.ri.pemex.com/files/dcf/anuario_estadistico_07.pdf>.
- PEMEX, *Anuario Estadístico*, 2008 [en línea]. <<http://www.pemex.gob.mx>>.
- PEMEX, “Aguas profundas”, en *Pemex* [en línea]. <<http://www.pemex.com/index.cfm?action=news&sectionID=8&catID=11300&contentID=17758>>.
- PEMEX, *Reservas de hidrocarburos al 31 de diciembre de 2007* [en línea]. <http://www.ri.pemex.com/files/dcf/Reservas2007_e_080326.pdf>.
- PEMEX, *Anuario Estadístico 2011*. México, Pemex, 2011.
- Botánica Matritense*, vol. 13. España 1994, pp. 1-25.
- RAMÍREZ, CLEMENTINA, *Tratamiento de Aguas Residuales Industriales*. México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1992, p. 111.
- RAMSAR, *The Ramsar Convention on wetlands* [en línea]. <<http://www.ramsar.org>>.

- RIVAS-MARTÍNEZ, S., “Bioclimatic belts of west Europe (relations between bioclimatic and plant ecosystems)”, en *Course on “Climate and global change”*. Arles, Rhone, Francia, Climatology and Natural Hazards Reserch Programme. Commission of European Communities, april 1990, pp. 4-12.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., “Clasificación bioclimática de la Tierra (Bioclimatic classification system of the World)”, en *Folia Botanica Matritense*, vol. 13. España 1994, pp. 1-25.
- RZEDOWSKI, J., *Vegetación de México*. México, Limusa, 1978.
- SAGARPA, *Anuario estadístico de la producción agrícola, 2006* [en línea]. <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>>.
- SAGARPA, *Anuario Estadístico de la producción agrícola, 2007* [en línea]. <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>>.
- SÁNCHEZ, Álvaro y María Teresa Sánchez, “Reflexiones sobre los impactos físicos y socioeconómicos de las instalaciones mineras en México”, en *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, núm. Especial. México, UNAM, 1993, pp. 67-74.
- SÁNCHEZ, María Teresa, *Análisis de la organización territorial de la actividad minera en México*. México, Tesis. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1990.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA, *Informe de labores 2007* [en línea]. <www.lib.utexas.edu/benson/lagovdocs/mexico/federal/energia/informe/1erinformedelabores2007.pdf>.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA, *Prontuario del sector de energía: 1992-1997*. México, Secretaría de Energía, Dirección General de Política y Desarrollo Energéticos.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA, *Informe de labores 2006* [en línea]. <<http://www.lib.utexas.edu/benson/lagovdocs/mexico/federal/energia/informe/6informe-2006>>.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA, *Informe de labores 2007* [en línea]. <www.lib.utexas.edu/benson/lagovdocs/mexico/federal/energia/informe/1erinformedelabores2007.pdf>.
- SELLNER, K. G., G. J. Doucette y G. J. Kirkpatrick, “Harmful algal blooms: causes, impacts and detection”, en *Journal for Industrial Microbiology and Biotechnololgy*, vol. 30. Georgia, Society of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2003, pp. 383-406.

- SEMARNAT, *Anuario estadístico de la producción forestal México*. México, Semarnat, 2004.
- SEMARNAT, *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. México, Semarnat, 2007, pp. 96-111, 114.
- SEMARNAT, *La gestión ambiental de México*. México, Semarnat, 2008, pp. 27-28.
- SELLNER, K. G., G. J. Doucette y G. J. Kirkpatrick, "Harmful algal blooms: causes, impacts and detection", en *Journal for Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 30. Georgia, Society of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2003. pp. 383-406.
- SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO, *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada, 2008*. Pachuca, SGM, 2009.
- SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO, *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada, 2009*. México, Secretaría de Energía, 2010, pp. 45, 48.
- SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO, *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada, 2009*. México, Secretaría de Energía, 2010, pp. 45, 48.
- SMITHSON, Peter; Addison Ken; Atkinson Ken, *Fundamentals of Physical Environment*, 4a ed. India, Routledge, 2008.
- SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO (2010), "Sistema de Información Energética. SENER", en *SENER* [en línea]. <http://www.sener.gob.mx/portal/fuentes_de_energia.html>.
- SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO, "Sistema de Información Energética. SENER", en *SENER* [en línea]. <http://www.sener.gob.mx/portal/fuentes_de_energia.html>.
- TORRES ROLDÁN, Francisco y Emanuel Gómez Morales, "Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2006", en *SENER*. México, SENER, 2006, p. 91.
- TYLLER MILLER, G., *Ecología y Medio ambiente*. México, Grupo editorial Iberoamérica, 1999, p. 784.
- TYLER MILLER, G., *Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible, un enfoque integral*. México, Thomson, 2007, p. 120.

- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, *Compendio de Información del Sector Energético Mexicano, 1999*. México, UNAM, 2000, p. 8.
- WALLACE, R., “El carbón en México”, en *Revista Economía Informa* [en línea]. núm. 359, julio-agosto 2009. <<http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/brucelish.pdf>>.
- WORM, B. *et al.*, “Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services”, en *Science*, núm. 314. California, Berkley, 2006, 787-790.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, *Restoring Nature's Capital. An action agenda to sustain ecosystem services*. Washington, World Resources Institute, 2007.

Unidad 3

DETERIORO AMBIENTAL DE MÉXICO

Contaminación atmosférica: perjuicio a la salud ambiental, humana y socio-económica

● NORBERTO ALATORRE MONROY

¿Qué se debe entender por contaminación atmosférica?

Existen distintas definiciones sobre la temática que ahondan con diversos puntos de vista, de acuerdo con la formación disciplinaria del autor o autores, sin embargo, para los fines de la presente obra, el criterio que debe considerarse al tratar esta cuestión es:

La contaminación atmosférica es cualquier alteración de la atmósfera terrestre susceptible de causar impacto ambiental mensurable por la adición de gases o partículas sólidas o líquidas en suspensión y decantación en proporciones distintas a las naturales, que pueda poner en riesgo la salud o condición inicial de personas, animales, plantas y estructuras; asimismo, se considera la reducción de la visibilidad y la producción y diseminación de olores desagradables.

El concepto de contaminación atmosférica se emplea por lo general al advertir los cambios que tienen efectos dañinos sobre la salud de los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas. Se reconoce indudablemente que los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales y de transformación que implican combustión, así como el sector de los automotores, transporte y calefacciones domésticos, que generan bióxido (CO_2) y monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y azufre (S), entre otros contaminantes. Asimismo, se han detectado industrias que emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como son el cloro (Cl) o diversos hidrocarburos que no realizaron su combustión completa.

La contaminación atmosférica incide en el ambiente a diferentes escalas; puede ser de forma local (cuando los efectos del tiempo meteorológico ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo), o de manera planetaria (cuando por las características del contaminante se ve afectado el equilibrio general del planeta y zonas alejadas de las que contienen los focos emisores).

Algunos de los principales contaminantes atmosféricos son sustancias que se encuentran de forma natural en la atmósfera. Se consideran contaminantes cuando sus concentraciones son notablemente más elevadas que las de la situación normal (véase cuadro 1).

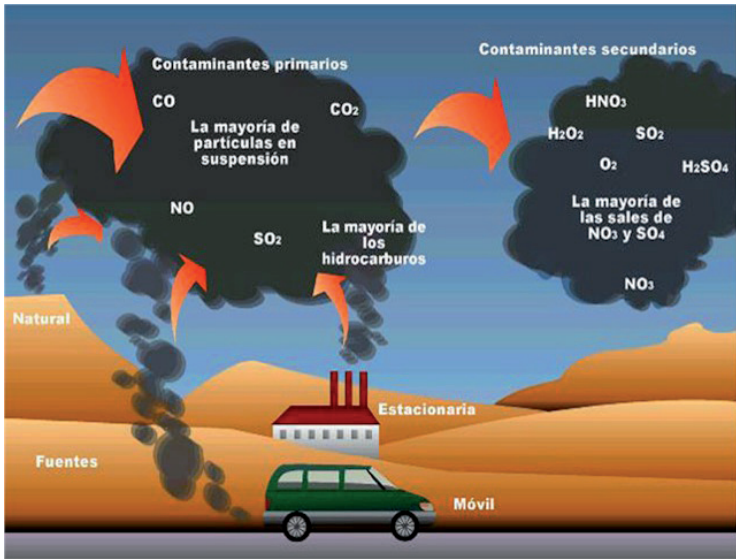
CUADRO 1. CONCENTRACIÓN DE COMPONENTES EN AIRE LIMPIO Y AIRE CONTAMINADO

<i>Componentes</i>	<i>Aire limpio</i>	<i>Aire contaminado</i>
SO ₂	0.001-0.01 ppm	0.02-2 ppm
CO ₂	310-330 ppm	350-700 ppm
CO	<1 ppm	5-200 ppm
NOx	0.001-0.01 ppm	0.01-0.5 ppm
Hidrocarburos	1 ppm	1-20 ppm
Partículas	10-20 µ g/m ³	70-700 µ g/m ³

Fuente: Seinfeld y Pandis, 1998.

La liberación creciente de contaminantes al ambiente por fuentes antropogénicas, como las industrias y el transporte, se ha sumado a fenómenos naturales como la erosión, los incendios forestales o las erupciones volcánicas, que también contribuyen a la emisión de los contaminantes atmosféricos involucrados en la generación de los fenómenos citados.

Cabe mencionar que la peculiaridad de la contaminación atmosférica en las ciudades, tanto a nivel mundial como nacional, se da por medio de la presencia de dos tipos de agentes contaminantes: los primarios y los secundarios (véase figura 1).



Fuente: <<http://www.cma.gva.es/contenidoHtmlArea/contenido/4557/cas/imágenes>>.

Figura 1. Esquema básico de la emisión de contaminantes primarios y la formación de contaminantes secundarios en la atmósfera.

- *Los contaminantes primarios* son emitidos en forma directa a la atmósfera, producto de la combustión de energéticos fósiles, evaporación de solventes químicos y emisiones liberadas de polvos, principalmente. Se considera dentro de este grupo al bióxido de azufre (SO₂); bióxido de nitrógeno (NO₂); Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs); hidrocarburos y monóxido de carbono (CO).
- *Los contaminantes secundarios* son formados en la atmósfera a través de una complicada serie de reacciones activadas por la radiación solar (reacciones fotoquímicas), donde los precursores de dichos contaminantes son los NO_x y los hidrocarburos. Dentro de los principales contaminantes secundarios se encuentra el ozono y los aerosoles fotoquímicos los cuales se constituyen de partículas de sulfatos y nitratos.

Estudios sobre la contaminación atmosférica en México

A partir de la segunda mitad del siglo XX, por primera vez, las sociedades urbanas de México, a través de los incipientes registros desarrollados en la ciudad de México en 1958, por parte de la Secretaría de Salubridad y Asistencia,¹ comenzaron a percibir que la atmósfera era susceptible de degradación como consecuencia de procesos que tienen lugar a nivel local y que, posteriormente, al paso de dos décadas, se identificaría dentro de la comunidad científica internacional que este tipo de procesos pueden adquirir una connotación mundial, al provocar fenómenos como el cambio climático global y el deterioro de la capa de ozono estratosférico, que conducirán a una serie de implicaciones socioambientales y socioeconómicas graves para toda la humanidad.

Sin embargo, fue hasta 1966 cuando se realizaron estudios “más detallados” de la atmósfera capitalina de México, por medio de la instalación de la primera Red de Monitoreo Atmosférico en México, con cuatro estaciones que medían el bióxido de azufre (SO_2), el polvo sedimentable y las partículas suspendidas. Un año después se contaba ya con 14 estaciones, gracias a un convenio firmado con la Organización Panamericana de la Salud (Bravo, 1987).

Hacia el final de la década de los sesentas del siglo XX se creó la Subsecretaría de Mejoramiento Ambiental y, dentro del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, se adquirieron 48 estaciones de monitoreo, instalándose 22 de ellas en la ZMCM; cabe señalar que, de las restantes, se tiene un destino desconocido hasta el momento. Estas estaciones contaban con muestreadores de alto volumen para la determinación de partículas suspendidas totales y burbujeadores de gases para la determinación de SO_2 y NO_2 .

¹ En 1958 se realizó el primer muestreo del aire dentro de la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM), el cual tenía como objetivo principal diferenciar el tipo de material orgánico que se encontraba en suspensión. También dentro de este análisis se detectó por primera vez la presencia de partículas sólidas que se encontraban suspendidas en la atmósfera citadina, las cuales resultaron ser de metales pesados como plomo, fierro, berilio, manganeso, estaño y aluminio (Bravo y Torres, 1985).

No obstante lo anterior, con el deterioro acelerado de la atmósfera de la ZMCM, a partir de 1974 se vio en la necesidad de poner en operación la primera red automática para el monitoreo continuo de la calidad del aire, con enlace telemétrico a un centro de operaciones. Este sistema estuvo integrado por 20 estaciones para la medición de ozono (O_3), CO , SO_2 , NO_2 , partículas suspendidas totales, velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa, sin embargo, la información generada no fue del todo confiable. Este sistema operó hasta 1980, lo cual dejó un hueco de cuatro años en los monitoreos de la contaminación del aire; para 1984 se realizaron las sustituciones con el sistema conocido como Red Automática de Monitoreo Atmosférico, que quedó terminado en 1986 e inició su operación en octubre del mismo año (*idem*).

Para 1991, como hecho inédito a nivel nacional, se acordó entre autoridades capitalinas del D. F. y del Estado de México, proceder a las etapas de ampliación y reforzamiento, debido al crecimiento de la mancha urbana y a la necesidad de un mejor conocimiento de las características de la calidad del aire a través de una mayor cobertura territorial y analítica, lo cual sentó las bases para estudios en otras zonas metropolitanas del país. Para lograr lo anterior, se instalaron siete estaciones adicionales alcanzándose la cantidad de 32 estaciones de monitoreo; con esta ampliación se logró la cobertura del área del Estado de México conurbada del Distrito Federal. Paralelamente, el criterio de la calidad del aire para zonas urbano-industriales, que al inicio estableció como trazadores del problema al monóxido de carbono y al bióxido de azufre, se modificó para dar paso a un sistema más específico de evaluación y seguimiento del fenómeno de interacción y formación de contaminantes secundarios, como son el O_3 y los NO_x .

Centros de contaminación atmosférica urbana en México

Una de las presiones más significativas sobre la calidad del aire en algunas zonas del país obedece a la distribución no uniforme de la población mexicana en el territorio nacional y a que los centros pobla-

cionales han evolucionado, durante los últimos cincuenta años, para tender a conformar eminentemente zonas urbanas. Todo ello como resultado de la emigración constante de los habitantes de las áreas rurales hacia las ciudades, que se han ido convirtiendo en polos de desarrollo local y/o regional.

El desarrollo de ciertas ciudades del país y la migración de los pobladores del campo hacia ellas están estrechamente relacionados con el crecimiento y distribución de la industria nacional, lo cual dio lugar a la conformación de centros poblacionales que son al mismo tiempo altamente industrializados y, por lo general, se encuentran densamente poblados.

Ejemplo de lo anterior es lo que ocurrió con la ZMCM y en los estados de México con la zona metropolitana de Toluca (ZMT), Nuevo León con la zona metropolitana de Monterrey (ZMM), Jalisco con la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) y Veracruz con las zonas metropolitanas de Coatzacoalcos y Minatitlán (ZMCyM). A la industrialización de estos estados, que tuvo un impulso particular a partir de la década de los cuarentas, se le ha sumado, posteriormente, la de otras entidades, en particular por el desarrollo de la industria maquiladora en la zona fronteriza del norte, como: Baja California (Tijuana y Mexicali), Sonora (Hermosillo), Chihuahua (Ciudad Juárez), Coahuila (Saltillo y Torreón), Tamaulipas (Reynosa, Corredor Industrial Tampico-Altamira-Madero), así como en entidades del centro del país: Aguascalientes (Aguascalientes), Guanajuato (León y Salamanca), Querétaro (Querétaro y San Juan del Río), Hidalgo (Pachuca y Corredor Industrial de Tula-Tepeji), Puebla (Puebla), Morelos (Cuernavaca) y San Luis Potosí (San Luis Potosí).

En forma consecuente con el crecimiento poblacional e industrial, las zonas urbanas señaladas han visto aumentar de manera significativa su flota vehicular y el tránsito, lo que ha desencadenado una mayor demanda de energéticos fósiles que son precursores de contaminantes atmosféricos, sumándose a los emitidos por la industria (véase figura 2).



Fuente: <<http://www.correo-gto.com.mx/upload/foto/8/6/9/sala-cmic.jpg>>.

Figura 2. Tráfico alrededor de la refinería de Salamanca, Guanajuato.

Normatividad e inventarios de emisiones de contaminantes atmosféricos

Ante la situación descrita, las autoridades ambientales de orden local y nacional en México han tenido que tomar medidas de prevención y control e identificar las fuentes emisoras de contaminantes que ejercen más presión en la calidad del aire, con el fin de distinguir sus aportaciones relativas para los distintos contaminantes atmosféricos, ante lo cual se han desarrollado los inventarios de emisiones, con base en las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Para ello se utiliza, principalmente, información generada con técnicas de muestreo en fuente, factores de emisión, balances de materiales y modelos mecanísticos.

Entre 1995 y 2000 se inició el desarrollo de una metodología apropiada para el país, dirigida a la elaboración de los inventarios de emisiones contaminantes al aire, contándose con el apoyo de la Agencia de Protección al Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) y

de la Asociación de Gobernadores del Oeste de Estados Unidos (WGA, por sus siglas en inglés). Esta metodología permitiría desarrollar inventarios comparables para las principales ciudades en crecimiento en ese momento: México, Guadalajara, Monterrey, Toluca, Ciudad Juárez, Mexicali y Tijuana; asimismo, se buscaba generar la posibilidad de comparar la evolución de la calidad del aire en México con la de otras naciones, debido a que este país es signatario del Convenio de cambio climático, en el cual se establece la obligación de intercambiar información sobre los inventarios de contaminantes atmosféricos.

De acuerdo con esa metodología se observó, en general, para las ciudades mencionadas, que las fuentes más importantes de partículas suspendidas menores de 10 micras (μm), conocidas como PM_{10} , se encuentran en los suelos descubiertos y calles sin pavimentar, en tanto que para las partículas menores de 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), las principales fuentes de emisión son los procesos de combustión incompletos, realizados a altas temperaturas, de combustibles como diesel y gasolina. El empleo de combustibles con alto contenido de azufre en algunas ciudades del país constituye una fuente de generación de bióxido de azufre; asimismo, los vehículos automotores en mal estado son los que más contribuyen a generar emisiones de monóxido de carbono en ciudades con denso tránsito vehicular. En el caso de los óxidos de nitrógeno, éstos provienen principalmente de la combustión llevada a cabo en los sectores industrial, del transporte, comercio y servicios. Los hidrocarburos, a su vez, son generados comúnmente por el transporte, el sector comercio y los servicios.

Zona metropolitana de la ciudad de México

Los niveles de contaminación alcanzados en la ZMCM, en particular los relativos al O_3 y a las PM_{10} , han llevado a centrar los esfuerzos en identificar la contribución de sus diferentes fuentes de emisión mediante la aplicación de metodologías estandarizadas, como es el caso del inventario de emisiones realizado en esta zona con información de 2006 (el más reciente de esta índole).

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente (2006) el inventario de emisiones de la ZMCM para ese año comprende una superficie de poco más de 3 540 km², que abarca las 16 delegaciones del Distrito Federal (1 486 km²) y 18 municipios conurbanos del Estado de México (2 054 km²). Este inventario incluye las emisiones de fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes naturales (vegetación y suelos) de los contaminantes criterio, es decir, CO, SO₂, NO_x, y partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}); también se evalúan las emisiones para compuestos orgánicos totales (COT) separando los hidrocarburos totales (HCT) en metano (CH₄) y compuestos orgánicos volátiles (COV), incluyendo por último las emisiones de amoníaco (NH₃).

Las estimaciones del inventario mencionado indican que el sector del transporte es el responsable de 80 % de las emisiones de PM_{2.5}, de 99 % de las emisiones de CO y de 80 % de NO_x. En cambio, las fuentes de área emiten más de 90 % del CH₄, siendo los rellenos sanitarios los principales emisores; en cuanto al NH₃, las emisiones domésticas dominan las fuentes de área, con 84 %. Las emisiones de COV provienen de la industria, así como del uso comercial y doméstico de solventes (12 %), de hidrocarburos no quemados (6 %) y de fugas de gas LP (5 %). También se estima que las fuentes puntuales emiten 71 % del SO₂, siendo la industria química (sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, del hule y del plástico) el principal emisor con 17 %, seguida por la industria textil con 14 % del sector. Por último, 14 % de las PM₁₀ se origina a partir de los suelos y menos de 4 % de los COV son generados por la vegetación.

La situación del ozono troposférico de la ZMCM a fines del siglo XX

La zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM) fisiográficamente se localiza en la parte suroeste de la cuenca de México, siendo esta última hidrológica y atmosféricamente una cuenca cerrada. Asociado con lo anterior, el constante proceso de crecimiento de la población hacia el interior de la ZMCM, así como las necesidades de infraestructura y servicios urbanos que demanda ésta, propiciaron,

Continúa

Continuación

para finales del siglo XX, que las condiciones atmosféricas locales y sinópticas fueran decisivas para la presencia y permanencia, espacial y temporal, de los contaminantes atmosféricos, dejando como resultado un enrarecimiento del aire de la ciudad.

Con la finalidad de precisar cuantitativa y cualitativamente la presencia de los contaminantes atmosféricos metropolitanos, en la década de los sesentas se realizaron los primeros muestreos de la calidad del aire dentro de la ZMCM; estos estudios fueron encaminados por el doctor Humberto Bravo Álvarez, investigador de la UNAM. Como resultado de dichas pruebas se reportó, por primera vez, la presencia de metales pesados, así como los primeros indicios del ozono troposférico en la capa de aire superficial.

Es de llamar la atención que, para el caso del ozono como contaminante metropolitano, después de los registros sobre sus concentraciones, obtenidos en la década de los sesentas, se presentó una serie de estudios y reportes en los cuales se anunciaban incrementos de los índices de este contaminante, sin embargo, dichas investigaciones no fueron tomadas con la atención debida, lo que propició una falta de normatividad en los reglamentos ambientales del Departamento —hoy Gobierno— del Distrito Federal. Esto provocó, a fines de 1986, que las concentraciones de ozono troposférico de la ZMCM se incrementaran drásticamente; tales aumentos estuvieron relacionados directamente con el cambio de las gasolinas que realizó Pemex en el mismo año (Bravo y Torres, 1997).

Es hasta 1988 cuando se observan los índices más altos de ozono, así como también su mayor frecuencia y permanencia dentro de la ZMCM; dichos índices rebasaron y violaron por 1 000 horas la norma de calidad internacional para este contaminante; cabe señalar que las condiciones atmosféricas de la ZMCM permanecieron con características similares hasta el invierno de 1996-1997.

Inventarios de emisiones de otras ciudades

Los inventarios realizados durante la segunda mitad de la década de los noventas permitieron estimar que al año se emiten 1.9 millones de toneladas de contaminantes en Monterrey; 1.4 millones en Guadalajara; 600 mil toneladas en Ciudad Juárez; casi medio millón en Toluca, 460 mil en Tijuana y cerca de 400 mil en Mexicali.

En dichos inventarios puede observarse que la mayor contribución a las emisiones de partículas suspendidas (contabilizadas como PM_{10}) se debe al arrastre y la erosión del viento en suelos descubiertos, sin embargo, en Mexicali el sector servicios también destaca por su aportación, ya que en este rubro se incluyen las actividades agrícolas de arado y quema, así como el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados; por su parte, en Tijuana-Rosarito, el sector servicios contribuye también de manera importante, debido principalmente a que incluye el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados.

Por lo que se refiere a las emisiones de NO_x se nota que, en estas ciudades, la mayor contribución la realiza el sector del transporte (entre 65 y 90 %), debido principalmente al uso intensivo de combustibles en autos particulares. Cabe destacar que Monterrey y Tijuana-Rosarito presentan también una fuerte contribución del sector industrial a las emisiones de este contaminante (36 y 15 %, respectivamente), debido esencialmente a la generación de energía eléctrica y a la industria de minerales no metálicos.

Para el caso del SO_2 los inventarios de emisiones en estas seis ciudades muestran que el mayor contribuyente es el sector industrial (entre 70 y 90 % del total), específicamente la generación de energía en el caso de Monterrey y Tijuana-Rosarito; madera y derivados e industria química en Toluca; minerales y productos vegetales y animales en Mexicali y, por último, productos de consumo y minerales no metálicos en Guadalajara. El caso de Ciudad Juárez es muy particular, ya que la contribución de las ladrilleras (incluidas en el sector servicios) desplaza a las emisiones de la industria y alcanza 40 %; asimismo, en Tijuana-Rosarito la combustión industrial y comercial, incluida en el sector servicios, alcanza un porcentaje importante (25 %) con respecto a las demás categorías.

En las seis ciudades que hasta el momento cuentan con un inventario de emisiones, el sector del transporte es el que aporta más a las

emisiones de hidrocarburos (entre 50 y 70 % de las emisiones totales) y, dentro de este sector, los autos particulares son los que más contribuyen a esas emisiones. La aportación del sector servicios también es importante en todas las ciudades, debido principalmente a la distribución de combustibles como la gasolina y el gas LP, así como al uso de solventes. En el caso del inventario de Mexicali, las emisiones de hidrocarburos provenientes de la vegetación son también relevantes y representan aproximadamente 7 % de las emisiones totales. En lo que respecta al CO, el transporte es la principal fuente en todas las ciudades, destacando sobre todo los automóviles particulares, en especial aquéllos en mal estado o de tecnologías menos avanzadas en los cuales se realiza una combustión incompleta o deficiente.

¿Cómo obtener mayor información sobre los contaminantes atmosféricos?

Cabe señalar que las estrategias para progresar en la comprensión de la contaminación atmosférica en zonas urbanas se encuentran en un parteaguas, ante el desarrollo del proyecto Estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México 2001-2010, que coordina el doctor Mario Molina Pasquel y cuenta con una amplia participación de investigadores y especialistas mexicanos de diversas instituciones de investigación, además de la Universidad de Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachussets (Molina, 2000); sus objetivos son:

- El desarrollo de información científica para mejorar el conocimiento de los procesos de generación de emisiones contaminantes en la ZCMC; su dispersión, transporte y transformación en la atmósfera; los patrones de exposición de la población a dichos contaminantes y los efectos de salud resultantes.
- El desarrollo, aplicación y transferencia a la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) de metodologías de caracterización y simulación de los contaminantes del aire y sus efectos.
- La sistematización de una metodología de evaluación de las tendencias y escenarios de control, así como de los costos y beneficios de las opciones y políticas de gestión de la calidad del aire.

Los resultados intermedios obtenidos en este proyecto han aportado información científica, la cual ha permitido desarrollar las herramientas necesarias para la toma de decisiones en la evaluación y el seguimiento de políticas en materia de calidad del aire en la ZMCM; asimismo, los resultados de dichas medidas están en proceso de ratificarse o corregirse, considerando también el comportamiento y disposiciones legislativas de los gobiernos locales, y la asimilación de los diferentes sectores socioeconómicos que integran a la ZMCM.

Por último, es importante mencionar que la metodología, resultados, experiencias y definición de estrategias que se han obtenido en el proyecto pueden ser aplicadas en otras regiones del país para una mejor gestión de la calidad del aire.

Actividades complementarias

1. ¿Qué se entiende por contaminación atmosférica?
2. Investiga los parámetros de concentración que se han reportado en los últimos diez años para la ZMCM, de acuerdo con la tabla 1, y juzga objetivamente la condición a la que ha estado expuesta la población urbana.
3. ¿Cuáles son las diferencias entre un contaminante primario y uno secundario?, enlista las fuentes que los originan.
4. ¿Desde cuándo se han realizado estudios de la contaminación atmosférica en México y qué sistemas se han desarrollado para ello?
5. Investiga las principales condiciones geomorfológicas, socioeconómicas y de equipamiento urbano que comparten las ciudades mexicanas por su contaminación atmosférica.
6. ¿Qué es el inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos y por qué fue desarrollado para México?
7. Investiga datos del proyecto de Mario Molina “Estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México 2001-2010”, y menciona si existen avances para la ZMCM y si en otra parte de México ya se está desarrollando de igual forma.

Contaminación del agua

● ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

El agua es uno de los recursos más importantes en la interrelación entre población y medio ambiente. A medida que los centros urbanos crecen desproporcionadamente en el espacio nacional la demanda de agua se incrementa, lo que intensifica la competencia entre los usuarios del agua; en este contexto, la disponibilidad de agua para abastecer a los centros de población es una prioridad que depende de la calidad y cantidad del recurso; cuando el agua se contamina tiene consecuencias para la salud ambiental y se suscitan los conflictos por su escasez.

Los problemas relacionados con el acceso al agua para consumo humano en el territorio nacional son varios y de distinto origen, sin embargo, destacan las carencias en el abastecimiento de agua potable y alcantarillado; el tratamiento deficiente de las aguas residuales; la contaminación y los vacíos en su gestión, como el agua no contabilizada y el sistema tarifario (Caravias, 2005:37).

Comprensión de los conceptos calidad, contaminación del agua y tratamiento de residuales

Contaminación “es la alteración o modificación de la composición natural del ambiente, por la introducción de sustancias, organismos o energía, o por el incremento anormal de sus componentes, que ocasiona el deterioro del medio y el consiguiente perjuicio al hombre, a sus bienes y a la flora o a la fauna” (Sánchez: 2005).

El agua, en su forma natural, nunca es pura, se contamina por dos vías: la natural, por procesos geoquímicos y la artificial, que ocurre cuando las actividades del hombre la han hecho inútil para algún uso;

así, la naturaleza y el grado de contaminación están definidos por el tipo de uso del agua. Desde el punto de vista del análisis geográfico del ambiente, la calidad del agua es un parámetro constante de análisis, de acuerdo con su uso, por lo tanto, no es un criterio absoluto, dependiendo del aprovechamiento que se le dé, se le puede calificar como buena o mala, e incluso es importante hacer referencia a la temporalidad en que se realiza la valoración, para complementar un análisis geográfico-espacial de la calidad del agua.

En el caso mexicano, la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, en su artículo 224, indica los lineamientos para la calidad del agua que deben cumplir los usos: 1. Fuente de abastecimiento para uso público urbano; 2. Riego agrícola; 3. Protección a la vida acuática (agua dulce y humedales), y 4. Protección a la vida acuática (aguas costeras y estuarios). Específicamente puntualiza parámetros inorgánicos, orgánicos, físicos y microbiológicos.

El agua se contamina con la adición de cualquier sustancia, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o domésticos, en cantidades que sobrepasan y alteran sus características naturales; es decir, la calidad reside en los materiales y sustancias que lleva disueltos o en suspensión y en los organismos que ahí se encuentran (Semarnat, 2007:96).

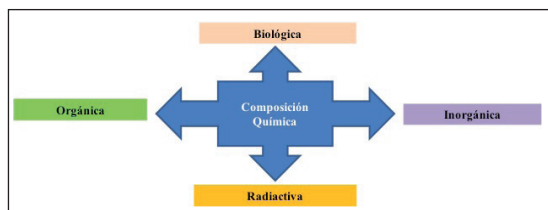
La contaminación antropogénica ha ocurrido desde que el hombre apareció en la superficie terrestre, aunque el deterioro más severo sobre los cuerpos de agua superficiales y subterráneos se ha dado desde el siglo XVIII, con la Revolución Industrial y el desarrollo tecnológico que emplean grandes volúmenes de agua y generan residuales en la misma proporción (*ibid.*:97), desde entonces ríos y lagos son depósitos receptores de desechos, por su condición de autodepuración. Es decir, si se suspendiera el arribo de suciedad en los cuerpos de agua superficiales, y si no quedara atrapada una cantidad importante de contaminantes en el sedimento, sería posible mantener su calidad, sin embargo, cuando se contamina un acuífero el problema puede durar decenas de años (Caravias, 2005:33).

Fuentes contaminantes de cuerpos de agua

El agua residual es desechada en cualquiera de las actividades o usos al que fue destinada, y se divide, por su fuente de origen, en agua resi-

dual industrial, doméstica, agropecuaria, mixta y combinada (Quintana, 1994:136). El análisis espacial de este fenómeno requiere localizar los focos contaminantes y el tipo de afectación, para posteriormente evaluarlos mediante la toma de muestras que se analizan en laboratorio, estimando parámetros como el oxígeno disuelto, la cantidad y el tipo de sales disueltas, la presencia y la concentración de compuestos tóxicos y de organismos microbiológicos.

Las fuentes de contaminación ocurren a diferentes escalas (local, regional y global); por lo general, los contaminantes del agua son inorgánicos, procedentes de desechos industriales, se trata de ácidos, cloro, sulfatos, fluoruros, cianuros, mercurio y plomo; orgánicos, que son aceites vegetales, pesticidas, pinturas, celulosa e hidrocarburos; biológicos, como bacterias protozoarios, algas y hierbas acuáticas y, por último, se incluyen los desechos radiactivos, aunque éstos comúnmente son tratados antes de derramarlos en algún cuerpo de agua y, en caso de que su radiactividad sea muy elevada, los confinan en tanques de acero inoxidable y los entierran en el subsuelo; se generan en plantas nucleares de energía o bien en experimentos científicos (Mújica, 1996:24-34) (véase figura 1). Los cuerpos de agua superficiales y subterráneos se contaminan a través de fuentes puntuales y no puntuales. Se consideran fuentes puntuales, entre otras, las fábricas, refinerías, tintorerías, gasolineras, tiraderos de basura y tanques enterrados; es decir, estos contaminantes tienen una ubicación fija. Como ejemplos de fuentes no puntuales —difusas— se consideran la aplicación de plaguicidas en zonas agrícolas, los canales de drenaje, la intrusión de agua salada y las calles de la ciudad, entre otros.



Fuente: Con base en Mújica, 1996

Figura 1. Fuentes de contaminación de los cuerpos de agua.

Tratamiento de aguas residuales

Las descargas de aguas residuales son de origen municipal e industrial; las primeras se conducen a los sistemas de alcantarillado municipales, urbanos y rurales, en cambio, las industriales son directamente descargadas en cuerpos receptores, aguas superficiales y subterráneas de propiedad nacional. La industria autoabastecida, para realizar esta práctica, requiere de una concesión mediante el pago de derechos a la Comisión Nacional del Agua (Conagua).

Para higienizar las aguas residuales existen distintos procesos que tienen la función de extracción y control sanitario de los productos de desecho que arrastra el agua, antes de que llegue a los cuerpos de agua; las operaciones para el tratamiento contemplan procedimientos como el primario o físico, secundario o biológico y terciario, todos aplicados en México (véase cuadro 1).

CUADRO 1. TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

<i>Primario o Físico</i>	<i>Secundario o Biológico</i>	<i>Terciario</i>
Sedimentación y filtración de materia sólida no disuelta en el agua como: § Plástico § Latas de aluminio § Unicel Grasas: § Aceites § Ceras § Jabones insolubles	Oxidación de la materia orgánica de rápida descomposición, mediante bacterias. La finalidad del proceso es evitar la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos de agua.	La cloración elimina la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario. Elimina microorganismos patógenos, color y olor indeseables en el agua.

Fuente. Con base en Semarnat (2007).

Contaminación de los recursos hídricos de México

La escasez de agua asociada a los climas áridos, o bien a la dispersión o concentración de los asentamientos humanos, dificulta la equidad en el acceso al agua para consumo humano, comprendida esta expresión como agua de buena calidad, en cantidad y suministro regular. La Conagua es

responsable de evaluar la disponibilidad del agua a nivel cuenca, en función del ciclo hidrológico; de esta forma establece la condición de los recursos hídricos procedentes de fuentes superficiales y/o subterráneas; caudales que hacen posible el abasto de agua para los diferentes usuarios, facilitando la actividad socioeconómica en los asentamientos humanos, en los centros agropecuarios, en la piscicultura y para la industrialización.

Los recursos hídricos mexicanos están conformados en una red hidrográfica que cubre 633 000 kilómetros, en la que destacan 50 ríos principales con aproximadamente 337 099 000 m³ al año de escurrimiento natural medio, y un sistema de 653 acuíferos con una recarga media de 80 821.6 hm³, de este capital, 79.8 miles de millones de m³ se utilizan para riego agrícola, abasto de agua potable, industria autoabastecida y en termoeléctricas (Conagua, 2010:34-38,61). Ambos cuerpos de agua toleran condiciones de sobreexplotación y contaminación, incluso por causas naturales, como sucede en 32 acuíferos con problemas de salinización de suelos y agua, así como 16 con intrusión marina, ubicados en el norte del país, en la Comarca Lagunera, Baja California y Sonora (*ibid.*: 44-45).

El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos de México lo realiza la Conagua, institución que controla una Red Nacional de Monitoreo, con 1 186 sitios diseminados preferentemente en zonas con alta concentración de asentamientos humanos, como son las regiones hidrológicas Balsas, Lerma-Santiago-Pacífico, cuencas centrales del norte, golfo norte y golfo centro; territorios correspondientes a zonas industriales como la zona de Lerma en el Estado de México, instalaciones de Pemex, o bien, que reciben descargas residuales de ciudades como la zona metropolitana de la ciudad de México, Guadalajara y Veracruz.

La evaluación de la calidad del agua opera mediante 13 laboratorios que valoran tres indicadores en los cuerpos de agua que reciben residuales municipales y no municipales: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO₅), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST), principalmente en cuerpos superficiales; estos parámetros utilizan gradientes que permiten distinguir las condiciones sin influencia de actividad humana hasta agua que recibe desechos líquidos y sólidos que alteran las condiciones relativamente naturales y afectan los ecosistemas acuáticos, donde los parámetros DBO₅ y DQO, señalan la disminución del oxígeno disuelto, situación que deteriora la biodiversidad acuática (véase cuadro 2).

CUADRO 2. CALIDAD DEL AGUA: PARÁMETROS Y RESULTADOS, 2008

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra</i>	<i>Determina</i>	<i>Indica</i>	<i>Distribución porcentual superficial de sitios monitoreados</i>	<i>Cuerpos de agua con sitios de monitoreo fuertemente contaminados</i>
<i>Explicación de conceptos</i>					
Demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (dqo ₅) Sitios de monitoreo 518	Cuerpos de agua provenientes de descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal	Cantidad de materia orgánica biodegradable	El incremento de la concentración de ambos parámetros está relacionado con la disminución del contenido de oxígeno disuelto en cuerpos de agua. El aumento de la dqo indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.	40.6 % Excelente 25.3 % Buena calidad 20.5 % Aceptable 9.5 % Contaminada 4.1 % Fuertemente contaminada	Río Tijuana Río Nuevo Río Alsebeca Río Atoyac Río Sahuapan Estuario del río Balsas Río Balsas-Mezcala Río Iguala Arroyo Salado Río Cuautla Río Verde Río Bravo Río Aguanaval Río Tamazula Lago de Cuitzeo Río Aguascalientes Río San Juan de los Lagos Río Verde Río Turbio
		Mide la cantidad total de materia orgánica			
Demanda química de oxígeno (dqo) Sitios de monitoreo 532				23.3 % Excelente 22.2 % Buena calidad 22.9 % Aceptable 23.7 % Contaminada 7.9 % Fuertemente contaminada	

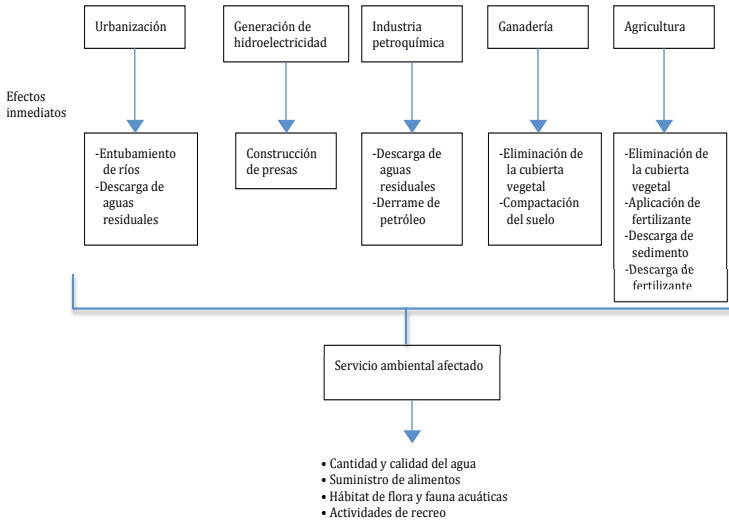
<i>Parámetro</i>	<i>Muestra</i>	<i>Determina</i>	<i>Indica</i>	<i>Distribución porcentual superficial de sitios monitoreados</i>	<i>Cuerpos de agua con sitios de monitoreo fuertemente contaminados</i>
<i>Explicación de conceptos</i>					
Sólidos suspendidos totales (sst)		Procedencia de aguas residuales y de la erosión del suelo	Cuando se incrementan provocan que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la biodiversidad acuática	42.3 % Excelente 33.1 % Buena calidad 15.5 % Aceptable 6.8 % Contaminada 2.3 % Fuertemente contaminada	Laguna de Almoloya del Río Río Lerma Arroyo Mezapa Río Tuxcacuesco Río La Laja Río Santiago Río San Juan del Río Arroyo El Diamante Río Churubusco Río de Las Avenidas Río de Los Remedios Río San Juan Teotihuacán Río de La Compañía Río San Buenaventura Presa derivadora Tlamaco-Juandho
Sitios de monitoreo 586					

Fuente: Con base en Conagua (2010).

En general, la institución menciona que su monitoreo en el territorio nacional indica 19 cuencas y 34 cuerpos de agua que presentan una condición de fuertemente contaminada —datos que se especifican en el cuadro 2—; se trata de ríos y lagos ligados a intensas actividades agrícolas e industriales y a asentamientos humanos, sin embargo, este sistema de monitoreo no controla el cien por ciento de la red hidrológica e hidrogeológica del país, por lo que es difícil formarse una idea clara de la situación de la calidad del agua nacional. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, evaluó a 122 países mediante un indicador de la calidad del agua, identificando a México en el lugar 106, por ello, en 2003 recomendó que la calidad del agua debe ser una prioridad en su política hídrica (Caravias, 2005:74).

En la dinámica ambiental la situación de la calidad del agua indica la contaminación de los cuerpos de agua como una consecuencia de actividades esenciales para las sociedades humanas que requieren aire, agua, alimento y energéticos fósiles en condiciones perennes y de buena calidad.

La valoración del medio ambiente para los seres humanos depende de su función como proveedor de recursos naturales que obtienen a través de las actividades económicas, éstas, mediante la tecnología específica, les permiten acceder al petróleo, al gas natural, al alimento y a la generación de energía eléctrica; sin embargo, esta dinámica implica efectos negativos inmediatos en el medio natural, como el entubamiento de ríos, las descargas de aguas residuales, los derrames de petróleo, la construcción de hidroeléctricas y la deforestación, por mencionar sólo algunas; estas situaciones impactan los servicios ambientales básicos para sostener la vida como la cantidad y calidad del agua (véase figura 2).



Fuente. Con base en Semarnat, 2007.

Figura 2. Actividades humanas, sus efectos en el medio natural.

El contexto involucra explicar qué medidas se han concretado para prevenir este entorno; como es el caso de las normas oficiales mexicanas relacionadas con el sector del agua, en el ámbito administrativo, ecológico y de saneamiento; además de los programas interinstitucionales en busca de acciones para la conservación de los cuerpos de agua, entre los que participan la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, la Secretaría de Salud, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología del ámbito federal; de igual forma, organismos educativos como la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma Metropolitana, mediante la producción de proyectos y publicaciones. También se realizan acciones de educación ambiental operadas por la Secretaría de Educación Pública y los Servicios de Salud, dirigidas al nivel de educación básica.

Una limitante más es la insuficiente infraestructura para el tratamiento de residuales municipales; en 2007 operaban 1 710 plantas en

el país, que trataron 79.29 m³/s, aproximadamente 38.3 % de los 207 m³/s recolectados en los sistemas de alcantarillado (Conagua, 2008:89). Las plantas de tratamiento de residuales se distribuyen espacialmente sobre todo en Durango, Sinaloa, Chihuahua, Aguascalientes y Jalisco; en cambio, las industrias tienen 2021 plantas en operación y tratan un caudal de 29.87 m³/s, y aunque están presentes en todos los estados, los que cuentan con mayor infraestructura son el Estado de México, Baja California, Veracruz de Ignacio de la Llave, Querétaro de Arteaga y el Distrito Federal (*ibid.*: 89-90). En conclusión, del total de aguas residuales de origen municipal e industrial, únicamente se trata 36 % de las primeras y 15 % de las industriales (Semarnat, 2007: 111).

El reúso del agua residual es mínimo, y procede principalmente de la industria, un caudal de 43.0 m³/s; de los servicios municipales 10.1 m³/s; de termoeléctricas 1.5 m³/s; que se conducen principalmente a campos de cultivo para el riego agrícola, práctica común en México (Conagua, 2008:91). Aunque en su mayoría las aguas residuales que llegan a los distritos de riego no se han tratado ni en una pequeña proporción, el agua es utilizada para el riego de hortalizas, como ocurre en Ixmiquilpan, Hidalgo, región en la cual, de manera habitual, se presentan enfermedades diarreicas y lesiones en la piel e, incluso, el agua sirve como hábitat del mosquito transmisor del dengue.

El consumo de aguas contaminadas con arsénico

El uso de agua contaminada para beber y para otras actividades domésticas propaga enfermedades que tienen origen en una infraestructura de saneamiento ineficiente o bien inexistente; el agua que llega a las viviendas debe llegar libre de contaminantes, para ello pasa por un proceso de cloración, sin embargo, en las zonas rurales esto no se cumple al cien por ciento, en algunas ocasiones incluso, por la percepción del sabor del cloro, es considerada desagradable, también cuando las fuentes de agua están contaminadas por procesos naturales o bien reciben aguas residuales con desechos humanos, animales o químicos, el agua se convierte en un transmisor de enfermedades

como el cólera, la fiebre tifoidea, shigellosis, giardiasis, disentería, meningitis, hepatitis A y E, diarrea o como el hidroarsenicismo.

El arsénico es común en la corteza terrestre y en el agua, por ello el consumo de aguas envenenadas por este metaloide es más frecuente de lo esperado. Las características químicas del arsénico facilitan que coexista como sólido, líquido y gaseoso en la naturaleza; puede encontrarse en rocas sedimentarias como lutitas y calizas, y en aguas subterráneas; entonces las características geológicas de los acuíferos determinan la composición de sales arsénicas disueltas en el agua. Los acuíferos son fuentes esenciales para el abasto de agua potable, sin embargo, en lugares donde carecen de este servicio básico es habitual el consumo directo de pozos con agua que tiene niveles tóxicos, condición que puede provocar el hidroarsenicismo, como fue reportado en 2005 en Tlamacazapa, Guerrero, una comunidad con cerca de 6 400 habitantes, ubicada en la montaña, lugar donde la contaminación de las fuentes de agua por sales de arsénico, por plomo y por coliformes fecales coexiste con la extrema pobreza (Norandi, 2005), sin embargo, el lugar que mayor seguimiento científico ha recibido en México por esta complicación sanitaria, desde hace varias décadas, ha sido la Comarca Lagunera; estudios epidemiológicos indican que en los municipios de Coahuila, Francisco I. Madero y San Pedro y de Tlahualilo en Durango se ha detectado “el agua de bebida contaminada por arsénico, en promedio de 0.25 mg/l, produciéndose hidroarsenicismo crónico regional endémico (Hacer) en los habitantes expuestos por más de 16 años” (García, *et al.*, 2003:75).

El arsénico es reconocido como carcinógeno y está asociado con el cáncer de la piel, además de alteración neurológica periférica, principalmente en los nervios de las extremidades superiores (*ibid.*:77); su efecto es acumulativo y su eliminación muy lenta, por ello, aunque se identifiquen y dejen de utilizarse los pozos contaminados que por un tiempo prolongado abastecieron de agua potable a poblaciones de la Comarca Lagunera, en Tlamacazapa, Guerrero o en Zimapan, Hidalgo, el daño a la salud de sus habitantes es irreversible. La población está en riesgo de adquirir cáncer en la piel por la ingesta diaria de agua con concentraciones de 0.002 mg/l de arsénico, de

Continuación

acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (Iliná *et al.*, 2009:202); incluso en concentraciones “muy bajas (vestigios), puede causar, a largo plazo, enfermedades neoplásicas malignas, queratosis, atrofia cutánea, conjuntivitis, astenia o trastornos neurológicos y hematológicos” (Ghimire *et al.*, 2003, citado en Iliná *et al.*, 2009:202).

Actividades complementarias

1. Busca cuáles son las normas mexicanas dedicadas a proteger la salud ambiental del agua para uso y consumo humano.
2. Investiga cuáles son los acuíferos con intrusión marina en México.
3. Indaga a qué se refieren las declaratorias de clasificación de cuerpos de aguas nacionales.

Páginas de internet recomendadas

Comisión Nacional del Agua, disponible en: <<http://www.conagua.gob.mx/>>.

UNESCO, disponible en: <<http://www.unicef.org/spanish/wash/index.html>>.

Centro Virtual de Información del Agua, disponible en: <<http://www.agua.org.mx>>.

American Water Works Association, disponible en: <<http://www.awwa.org/Resources/Waterwiser.cfm?navItemNumber=1516>>.

Problemas del suelo

● ADÁN GUILLERMO RAMÍREZ GARCÍA

Erosión

Entre los procesos de degradación del suelo, el más severo es la erosión, ya que en otros procesos el suelo, aunque degradado, permanece en su sitio y, con frecuencia, se dispone de técnicas para su recuperación. En tales casos, y desde el punto de vista de la productividad del terreno, el deterioro del suelo se podría considerar como temporal; no así en el caso de la erosión, donde la pérdida de suelo es permanente.

La erosión ha sido definida como “el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo, principalmente por la acción del agua y del viento” (Becerra, 2005); de ahí las denominaciones de erosión hídrica y erosión eólica. Es un proceso complejo en el que intervienen diversos factores, los cuales, para el caso de la erosión hídrica, han sido agrupados por la FAO-PNUMA-UNESCO (1980) en: climáticos, expresados sobre todo por la agresividad de la lluvia para erosionar; edáficos, los cuales en conjunto se manifiestan por la susceptibilidad del suelo para ser erosionado; topográficos, constituidos por la longitud, forma y pendiente del terreno y los de tipo humano, que se manifiestan fundamentalmente por sus efectos sobre la cobertura vegetal.

El problema más grave causado por la erosión es la pérdida irreversible del recurso suelo, aunque además produce:

- Gradual adelgazamiento y pérdida paulatina de la fertilidad del suelo.
- Endurecimiento del suelo y aparición de grava o rocas.
- Formación de grietas por las que escurre el agua, degradándolas hasta transformarlas en cárcavas.

- Disminución gradual de la productividad agrícola.
- Al compactarse el suelo y desaparecer la vegetación, el agua deja de infiltrarse.

Para su estudio, la erosión ha sido clasificada desde diversos puntos de vista, siendo los más comunes los siguientes:

- a) Por su naturaleza, la erosión puede ser: natural/geológica o inducida/acelerada.
- b) Por el agente activo que la produce: hídrica o eólica.
- c) Por el modo de acción y/o señales dejadas en el terreno (formas de la erosión hídrica): por salpicamiento, en canalillos, en surcos, en cárcavas, por caída y remontante.
- d) Por la intensidad del proceso: ligera, moderada, severa y muy severa.

La erosión natural es la que ocurre como consecuencia solamente de las fuerzas de la naturaleza, mientras que la erosión inducida es causada por las actividades del hombre al utilizar los recursos de la tierra de manera inadecuada. Para cuantificar la magnitud de la erosión se han desarrollado diversos métodos, algunos se basan en la determinación directa del suelo perdido por erosión, y otros constituyen estimaciones numéricas del proceso.

Una estimación directa de la erosión, para ser precisa, requiere de tiempo, esfuerzo y costo considerables y, además, constituye una cuantificación local, con restricciones para su extrapolación, por ello se utiliza sólo en trabajos de investigación y validación. Por su parte, si se dispone de la información necesaria, la estimación numérica proporciona información suficientemente confiable para la planificación de la conservación del suelo. Entre los métodos directos para cuantificar la erosión hídrica se tienen:

- Uso de estacas, varillas marcadas, o clavos y rondanas.
- Cubicación de cárcavas.
- Lotes de escurrimiento.
- Cuantificación de la producción de sedimentos en una cuenca.

Entre los métodos indirectos para la determinación de la erosión hídrica se encuentra la Ecuación Universal de la Pérdida del Suelo (EUPS), que es un modelo diseñado para calcular la pérdida de suelo promedio de la erosión por salpicamiento y en canalillos, bajo condiciones específicas y para un tiempo prolongado. La EUPS agrupa las numerosas interrelaciones de parámetros físicos y de manejo que influyen en la tasa de erosión en seis factores principales, cuyos valores pueden ser expresados numéricamente para un sitio específico y que, multiplicados entre sí, dan por resultado una estimación de la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y tiempo. Tiene la siguiente expresión: Pérdida del suelo: $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$, donde:

- A= Pérdida anual de suelo ($\text{ton ha}^{-1} \text{ año}$).
- R= Factor de erosividad de la lluvia (MJ mm/ha/h).
- K= Factor de erodabilidad del suelo (ton ha h/MJ mm ha).
- L= Factor de longitud de la pendiente (adimensional).
- S= Factor de grado de la pendiente (adimensional).
- C= Factor de manejo de cultivos (adimensional).
- P= Factor de prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional).

Además de la medición directa y la estimación a nivel parcelario mediante la EUPS, se han desarrollado otros procedimientos de estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica, particularmente para la estimación en superficies amplias, entre éstos se pueden mencionar:

- La estimación de la producción de sedimento en cuencas, mediante la proporción de desplazamiento.
- El concepto de degradación específica.
- La estimación de la producción de sedimento en cuencas mediante EUMPS.
- Estimación de la producción de sedimento en pendientes complejas.

En cuanto a la erosión eólica, se define como el proceso por el cual el viento recoge y transporta el material superficial del suelo, y las

partículas por él llevadas desgastan la superficie del terreno. En el mismo sentido Estrada Berg, *et al.* (1999) la definen como el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo por efecto del viento. En las zonas áridas y semiáridas este tipo de erosión se debe, principalmente, al sobrepastoreo que destruye o altera a la vegetación natural, a la tala inmoderada y a las prácticas agrícolas inadecuadas. Cabe mencionar que el viento causará erosión sólo si el suelo está ya “suelto” o si lleva partículas en suspensión.

Este tipo de erosión es importante en diversos ambientes naturales como son los desiertos, las dunas costeras y las regiones montañosas expuestas, sin embargo, sus consecuencias pueden ser más serias, en términos del uso agrícola de la tierra, en áreas sujetas a precipitación pluvial baja, variable e impredecible así como a temperaturas, tasa de evaporación y velocidad del viento elevadas, condiciones presentes en las regiones semiáridas.

Cuando la erosión eólica se presenta en zonas agropecuarias, comúnmente se debe al agotamiento o remoción de la vegetación.

Entre los efectos de dicho proceso se tienen:

- Pérdida de material fino, incluyendo materia orgánica.
- Deterioro de la estructura del suelo.
- Redistribución de fertilizantes y herbicidas.
- Pérdidas, a largo plazo, de la fertilidad del terreno.

La erosión eólica es, principalmente, una función del clima, el suelo y la vegetación. En relación con el clima, se requieren vientos suficientemente fuertes para mover las partículas del suelo, además de que se propicia la erosión cuando se presentan condiciones de baja precipitación y fuerte oscilación de temperaturas día-noche.

La erosión eólica es favorecida cuando se tienen áreas extensas de terrenos planos, con suelo seco, suelto y finamente dividido; el proceso será más grave si la cubierta vegetal es escasa o nula. Los principales factores que influyen en la erosión eólica pueden ser agrupados en dos categorías:

- Los que inciden en la erosividad del viento.
- Los que actúan en la erosionabilidad del suelo.

Al igual que para la erosión hídrica, existen diversos métodos para cuantificar el proceso erosivo eólico, sin embargo, se ha profundizado en el desarrollo de métodos indirectos, a través de ecuaciones que tienen como componentes factores edafoclimáticos.

Como ejemplo se tiene la ecuación desarrollada por W. S. Chepil (Wodruff y Siddoway, 1965, en Becerra, 2005) que toma en cuenta las once variables individuales que se consideran más importantes para la definición de la tasa de erosión por viento, sin embargo, por la complejidad y naturaleza de las relaciones entre la pérdida de suelo (E) y estas variables primarias, algunas de ellas se agruparon o eliminaron. De esta manera, la ecuación de la erosión eólica queda expresada como sigue: $E = f(I', K', C', L', V)$, donde:

- f = La ecuación está en función de los parámetros de intervienen.
- I' = Representa el potencial de pérdida de suelo.
- E = Erosionabilidad del suelo.
- K = Factor de rugosidad del suelo.
- C = Factor climático local.
- L = Longitud equivalente del terreno.
- V = Cantidad equivalente de cubierta vegetal

Básicamente esta ecuación tiene dos usos: a) Estimar la cantidad de suelo perdido por la acción del viento, bajo determinadas condiciones del terreno y su uso; y b) Determinar las condiciones de los factores de manejo necesarias para controlar la erosión dentro de un rango tolerable (Becerra, 2005).

De manera general, en el país la erosión hídrica afecta a 37 % de la superficie nacional, la erosión eólica a 15 % y la degradación química casi a 7 %. La erosión hídrica produce la pérdida de la capa superficial (25.3 % del total de la superficie afectada), seguida por la deformación del terreno (11.6 %) y la sedimentación (0.1 %). La erosión eólica, por su parte, provoca la pérdida de la capa superficial (14.6 %) y la deformación del terreno (0.4 %). De la superficie del territorio afectada por la

erosión eólica, la mayoría de los suelos se encuentra en estado ligero (36.3 %) y moderado (34.4 %) de degradación, mientras que 20.5 y 8.7 % de los suelos afectados por este tipo de erosión se degrada a una velocidad severa y muy severa, respectivamente (PNUMA–Semarnat, 2004).

Deforestación

La principal causa de la desertificación ha sido la aplicación de modelos de desarrollo inadecuados, manifestándose a través de políticas que han causado la deforestación, ya sea por tala, extracción de especies, sobrepastoreo, incendios o por cambios inadecuados del uso del suelo.

La deforestación puede definirse como las transformaciones (y/o afectaciones) que sufre la vegetación natural u original (Toledo *et al.*, 1989 y Estrada *et al.*, 1999.) Es el cambio de una cubierta dominada por árboles a una que carece de ellos. Es la eliminación de la vegetación natural.

Existen diversos factores que propician este proceso. En México la primera causa de deforestación es el desmonte agropecuario, seguido por la tala ilegal y los incendios forestales.

Las principales causas de la deforestación son:

1. Tala inmoderada para extraer la madera.
2. Generación de mayores extensiones de tierra para la agricultura y la ganadería.
3. Incendios.
4. Construcción de más espacios urbanos y rurales.
5. Plagas y enfermedades de los árboles.

Para estimar la tasa de deforestación o de pérdida anual, la fórmula empleada generalmente es la propuesta por la FAO (1996, citada en Palacio *et al.*, 2004), la cual expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año y se encuentra representada por la siguiente ecuación:

$$dn = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

en donde:

dn = Tasa de cambio (para expresar en %, se multiplica por 100),

S_1 = Superficie en la fecha 1,

S_2 = Superficie en la fecha 2,

n = Número de años entre las dos fechas.

De acuerdo con la Semarnat, 2009, entre las principales consecuencias de la deforestación son:

- Erosión del suelo y desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez provoca inundaciones o sequías.
- Alteraciones climáticas.
- Reducción de la biodiversidad, de las diferentes especies de plantas y animales.
- Calentamiento global de la Tierra, porque al estar deforestados los bosques, no pueden eliminar el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera.

Por la extensión de sus bosques, México puede ser considerado como un país forestal; alrededor de 70 % de su superficie está cubierta por diversas comunidades vegetales con distintos estados de conservación; 116 millones de hectáreas se encuentran cubiertas por bosques naturales en donde se concentra 10 % de la biodiversidad mundial. Por otro lado, la Conabio (2006) señala que, de la superficie con cobertura vegetal —que es de 140.9 millones de hectáreas—, 65.7 millones corresponden a bosques y selvas.

En el país existen nueve tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña, matorral xerófilo, pastizal, bosque espinoso, bosque de coníferas y encinos, bosque tropical perennifolio, vegetación acuática y subacuática, bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio, distribuidos en tres zonas climáticas: tropical, templada, árida y semiárida (PNUMA-Semarnat, 2004). El Inventario Nacional Forestal indica que en el año 2000 los matorrales cubrían la mayor proporción de la superficie del país, seguidos por los cultivos, las selvas, los bosques y los pastizales, sin embargo, este capital natural se ha visto seriamen-

te afectado. Se calcula que, en México, la tasa de deforestación entre 1970 y 1990, incluyendo la conversión de la vegetación original y su reemplazo por vegetación perturbada, fue de alrededor de 800 000 ha por año. En el cuadro 1 se observa que el ritmo de deforestación entre 1990 y 2000 fue de 347 000 hectáreas/año, considerando únicamente los bosques y selvas.

En el periodo 2000-2005 México perdió casi 1 302 000 ha de bosque, y la tasa total de deforestación fue de 0.4 % por año, lo que significó una pérdida promedio anual de 260 000 ha de bosque. En este último periodo México pasó del noveno al decimosegundo lugar mundial, en lo que a pérdida anual neta de superficie forestal se refiere. En cuanto al porcentaje de bosques que México pierde anualmente en relación con su superficie forestal total, actualmente ocupa el lugar número 61 en el mundo, con la pérdida de 0.4 % de su superficie para el mismo periodo (véase cuadro 1).

CUADRO 1. CAMBIOS EN LA EXTENSIÓN DEL BOSQUE,
1990-2005 (HA)

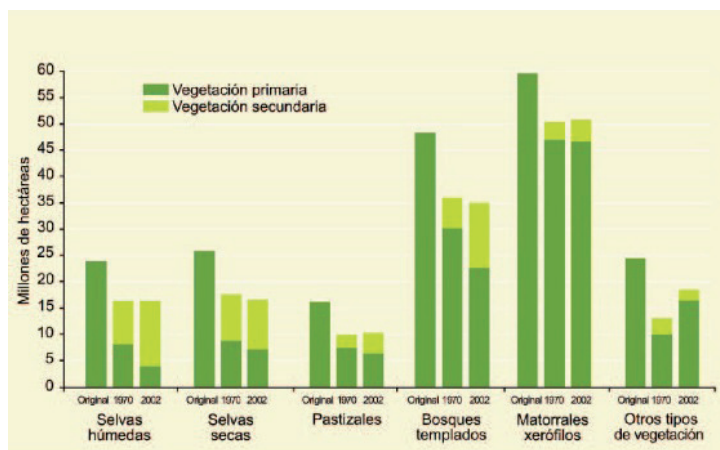
<i>Cambios en la extensión del bosque</i>		<i>Tasa anual de deforestación</i>		<i>%</i>	<i>Características del bosque</i>	<i>Ha</i>
1990	69 016 000	1990-2000	-347 000	0.5	Total	64 238 000
2000	65 540 000	2000-2005	-260 000	0.4	Primario	32 850 000
2005	64 238 000				Modificado natural	30 330 000

Fuente: INE-Semarnat, 2006

El resultado de este proceso es una base forestal degradada y subutilizada, que incluye la conversión de bosques y áreas naturales frágiles en usos agrícolas y ganaderos no sustentables, con pérdida de suelo y alteración de regímenes de humedad, como resultado de la sobreexplotación de recursos maderables y no maderables, que se traduce en una disminución de la productividad del bosque y de las áreas naturales. La mayor deforestación se concentra en el trópico húmedo.

Entre los grandes tipos de vegetación de México, las selvas tropicales son los ecosistemas terrestres que han sufrido las mayores transformaciones antropogénicas. De su extensión original, sólo 17 % de las selvas húmedas y 26 % de las selvas subhúmedas actualmente existentes presentan un grado de conservación y de estructura similares al de la selva intacta (véase gráfica 1).

GRÁFICA 1. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS PRINCIPALES ECOSISTEMAS DE MÉXICO QUE COMPARA LA COBERTURA ORIGINAL POTENCIAL CON LA REMANENTE EN 1970 Y 2002



Fuente. Conabio, 2006.

Con respecto al bioma de manglares, en el año 2000 la superficie abarcada era de 880 000 ha; de ellas, aproximadamente 62 % estaba ubicado en el litoral Atlántico y 38 % en el Pacífico. La cobertura de los manglares en las costas de México se ha visto afectada considerablemente en los últimos años. Existen referencias sobre la estimación de la tasa de pérdida anual de la cobertura nacional de manglar, que varían entre 2.9 y 5.0 %. Recientemente el INE, en una estimación preliminar, calculó la tasa promedio anual de pérdida de manglar en 2.5 %. La proyección de esa tasa al año 2025 muestra una pérdida de 50 % de la cobertura calculada para 2000.

Aprovechamientos forestales. El consumo nacional aparente del año 2005 fue de 16.9 m³r, es decir, 84 % más que en el 2000.

Uso de leña. La leña representa 90 % del consumo residencial rural; 28 millones de mexicanos dependen de este combustible para cocinar. Se estima que el consumo doméstico de leña combustible asciende a 37 millones de m³ por año, cifra superior a la producción maderera autorizada en el territorio nacional. Entre 85 y 90 % de las viviendas rurales queman leña combustible.

Incendios. Tienen lugar principalmente durante la época seca del año, entre diciembre y agosto. En 2005 se registraron 9 709 incendios forestales, lo que significó un aumento de 13.46 % con respecto a 2000. El promedio anual para el periodo fue de 7 880 incendios. La superficie promedio anual que resultó afectada fue de 208 533 hectáreas. Las causas más frecuentes de los incendios forestales fueron las actividades agropecuarias (42.07 %); fogatas de paseantes (10.5 %); fumadores (9.35 %), actividades forestales (3.65 %), quema de basureros (2.52 %), cazadores furtivos (2.31 %), derechos de vía (2.24 %) y causas no especificadas (27.36 %). Del total de incendios ocurridos, 83.0 % tuvo duración de un día, 12.9 % entre dos y tres días, 2.9 % de cuatro a siete días y 1.2 % de más de siete días.

Desertificación

El concepto “desertificación” ha sido utilizado para demarcar cierta problemática ambiental generalizada, aproximadamente, desde la segunda mitad del siglo pasado. El informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, define a la desertificación como la degradación de los suelos de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y las actividades humanas. La Comisión Nacional de Zonas Áridas (Conaza, 1994) indica que tal definición incluye tres elementos distintos y con requerimientos diferentes, como sequías en periodos cortos, fluctuaciones climáticas a largo plazo y degradación de la tierra por actividades humanas, la cual implica no sólo la degradación del suelo, sino

de cualquier otro de los elementos biológicos y físicos del terreno, como la cubierta vegetal, la fauna y los recursos hídricos, entre otros. Esta base conceptual determina que el problema de la desertificación sea integral y comprenda los diversos componentes físicos, químicos y biológicos, interactuando con las variaciones sociales y económicas de un área o región específica.

Dicho concepto debe estudiarse de la manera más integrada posible, ya que incluye, por lo menos, el deterioro del balance hídrico, el desplazamiento de la cubierta vegetal, su pérdida de productividad y de capacidad colonizadora, el predominio de la escorrentía superficial, el incremento de la erosión hídrica y eólica, la sedimentación local, la salinización de los suelos y la pérdida demográfica y de valores socioculturales por incapacidad del territorio para sostener a la población preexistente.

Los procesos de la desertificación son siete, y se dividen en primarios y secundarios.

Los procesos primarios son aquéllos que tienen un impacto fuerte en la producción y en la modificación del ecosistema, y sus efectos son amplios. Dentro de éstos están:

- La degradación de la cubierta vegetal.
- La erosión hídrica.
- La erosión eólica.
- La salinización y sodificación.

Los procesos secundarios son aquéllos que se subordinan a los procesos primarios y son:

- La degradación física (compactación, encostramiento y afloramiento de horizontes sub-superficiales).
- La degradación biológica (disminución y pérdida de la materia orgánica del suelo).
- La degradación química (pérdida de nutrimentos y la concentración de sustancias tóxicas para los seres vivos).

La vulnerabilidad de un suelo a la desertificación depende, entre otros factores, del clima, de la topografía, de la condición del suelo

(textura, estructura y estado nutricional) y de la vegetación natural e inducida.

Entre las causas antropogénicas que desencadenan tal proceso se pueden mencionar las relacionadas con la pobreza y el subdesarrollo, como el cultivo en suelos frágiles, la reducción del tiempo de descanso de la tierra, la falta de prácticas de fertilización adecuada, el sobrepastoreo y la explotación inmoderada de los recursos naturales en general.

Otro tipo de causas son resultado de tecnologías modernas para la producción agropecuaria, impulsadas por la búsqueda de altas tasas de rentabilidad en el corto plazo, como los cultivos comerciales, que constituyen fuertes extractores de nutrientes del suelo, el mal manejo del riego, que provoca salinización y el uso excesivo de maquinaria agrícola, entre otros. En las situaciones mencionadas, el desconocimiento de las consecuencias de prácticas inadecuadas en el uso del suelo, es el punto de origen de los procesos de degradación. Además, se identifican otros factores que inciden, como la sobrepoblación, las presiones socioeconómicas, las políticas y tradiciones culturales.

Los impactos de la desertificación se manifiestan en el deterioro de los suelos, flora y fauna, en el desequilibrio del ciclo hidrológico y en la disminución de la diversidad de especies de plantas y animales. Socialmente puede afectar de manera grave la capacidad alimentaria de las regiones deterioradas. Los impactos *ex-situ* incluyen polución, inundaciones y azolve de la infraestructura hidráulica, entre otros. La modificación en la dispersión y absorción de la radiación solar en la atmósfera, por el polvo proveniente de áreas desertificadas, así como el incremento del albedo de dichas áreas, podrían estar ejerciendo un impacto sobre el clima local y global.

La desertificación afecta a la sexta parte de la población mundial, 70 % de todas las tierras secas, equivalente a 3 600 millones de hectáreas, y a la cuarta parte de la superficie total de las tierras del mundo. Los efectos más visibles de la desertificación, aparte de la pobreza generalizada, son: la degradación de 3 300 millones de hectáreas de pastizales, que constituyen 73 % de la superficie total de estas tierras y tienen poca capacidad de sustento; la pérdida de fertilidad de los suelos y la degradación de su estructura en cerca de 47 % de las tierras secas; y la degradación de 30 % de las tierras de cultivo de riego en tierras secas,

con una gran densidad de población y un gran potencial agrícola (Cadenas de Llano, 2003).

Según datos de la situación del medio ambiente en México en 2002 (Semarnat, 2002) las principales causas de degradación en el país son el cambio de uso del suelo hacia superficies agropecuarias, la deforestación y el sobrepastoreo. Todos estos procesos tienen que ver con la reducción de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo. Una cuarta causa son las prácticas agrícolas inadecuadas.

En el contexto nacional la cifra oficial sobre la superficie de suelos degradados en el país asciende a cerca de 125 460 475 hectáreas, lo que equivale aproximadamente a 64% del territorio nacional tomando en cuenta la superficie total de las unidades geográficas con signos de degradación. Al considerar exclusivamente las porciones con claros signos de deterioro se calcula que la superficie nacional degradada es del 15 por ciento.

Del total de la superficie en México, 59 % se ha desertificado por degradación del suelo. Igual que sucede a nivel mundial, la erosión hídrica es el proceso de desertificación más importante (47.5 % de la superficie degradada), seguida de la erosión eólica (38.9 %). De hecho, más de las tres cuartas partes de la erosión por viento en México ocurre en las regiones secas, mientras que la degradación biológica es sumamente rara.

Las entidades de la República Mexicana muestran diferentes niveles de degradación de sus suelos. Sin considerar la degradación ligera, el único estado sin suelos afectados es Quintana Roo, mientras que Guerrero tiene cerca de 86.5 % de su territorio con degradación de moderada a extrema.

Para combatir la desertificación es necesario evaluar la magnitud con la que se presentan los procesos, por lo que es importante conocer las causas y los factores que ocasionan la degradación, así como el estado actual, la velocidad de ocurrencia y el riesgo potencial; estos criterios se definen de la siguiente manera:

- El estado actual se refiere a la situación presente que muestran los recursos suelo y vegetación.
- La velocidad indica el cambio con que ocurren los procesos de degradación por unidad de tiempo.

- El riesgo potencial muestra la susceptibilidad que tiene un área a ser degradada por un determinado proceso.

Para estimar el estado actual, velocidad y riesgo potencial a la desertificación, existen parámetros específicos para cada proceso, cuyo resultado puede ser clasificado en cuatro clases de afectación: a) Nulo a ligero, b) moderado, c) severo y d) extremo.

En el caso de México, para calcular la velocidad de la desertificación, se ha aplicado la Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980) a escala de trabajo 1:2 000 000. El modelo generalizado es el siguiente: $D = f(C, S, T, V, U, M)$, donde:

D= Degradación del suelo.

C= Factor de agresividad climática.

S= Factor suelo.

T= Factor topográfico.

V= Factor vegetación natural.

U= Factor uso de la tierra.

M= Factor manejo.

D= DegradComo se observa, la degradación del suelo está en función de los factores enlistados; para cada proceso y factor de la desertificación la FAO propone índices diferentes que se pueden utilizar dependiendo de la información disponible y el nivel de detalle deseado.

Pérdida de biodiversidad

El factor de mayor impacto sobre la biodiversidad de México lo constituyen los modos y la intensidad del uso agropecuario de la tierra, es decir, la destrucción y la fragmentación del hábitat, al reducir el número de especies e incrementar el riesgo de extinción de especies endémicas y de pérdida de poblaciones de plantas y animales. Las principales causas que contribuyen a la pérdida de biodiversidad son: el cambio del uso del suelo, el crecimiento demográfico y de infraes-

estructura, los incendios forestales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático global.

Cambio de uso del suelo

Las actividades que mayormente promueven el cambio de uso del suelo son la agricultura y la ganadería; le siguen en importancia el crecimiento urbano y de la infraestructura de comunicaciones y otros servicios. La actividad agropecuaria genera la reducción de bosques y selvas (deforestación) o de otros ecosistemas (por ejemplo, matorrales) por la apertura de terrenos para la cría de ganado, o bien, por las prácticas agrícolas que demandan nuevos espacios. Las consecuencias del cambio de uso del suelo conllevan necesariamente a la pérdida de biodiversidad, debido a que la reducción de las superficies de los ecosistemas tiene como resultado la disminución de tamaño de las poblaciones silvestres, lo cual las hace más susceptibles a procesos de extinción local y global de la flora y la fauna. A nivel de paisaje el proceso de eliminación de superficies cubiertas por ecosistemas naturales se refleja en patrones de fragmentación, que se ha demostrado tiene efectos negativos sobre la biodiversidad. El cambio de uso del suelo también promueve la degradación del ambiente, debido, principalmente, al deterioro de las propiedades y características del suelo, así como a la modificación de las condiciones de temperatura, humedad y luz que, en algunos casos, pueden impedir la regeneración de la vegetación natural.

Crecimiento demográfico

En el año 2000 México era el undécimo país más poblado del planeta, el tercero del continente americano después de Estados Unidos y Brasil y el duodécimo por su contribución al crecimiento de la población del planeta. Su acelerado crecimiento demográfico, la distribución asimétrica de su población en el territorio, los fenómenos migratorios y el establecimiento de nuevas comunidades en zonas deshabitadas,

han repercutido de manera importante en el estado de los ecosistemas terrestres. El crecimiento demográfico daña indirectamente a los ecosistemas terrestres por la presión que ejercen las poblaciones humanas sobre los recursos naturales, por la construcción de infraestructura y por el incremento en la generación de residuos municipales e industriales. Esto puede traducirse en la sobreexplotación de las poblaciones locales de muchas especies comerciales, en la alteración y destrucción de los hábitats y en la contaminación de los suelos y las aguas superficiales; todo ello con importantes consecuencias en la estructura y función de muchos ecosistemas y, por lo tanto, en pérdidas de la biodiversidad, sin embargo, es importante señalar que el impacto que ejerce la población difiere entre los sectores urbano y rural; mientras los impactos que produce la población rural son menores, en el caso de la población urbana los impactos pueden ser sustancialmente grandes. Por último, otra de las consecuencias es el crecimiento urbano en forma desordenada a lo largo del territorio, principalmente por el establecimiento irregular de comunidades, las cuales afectan los recursos naturales y los ecosistemas por el desmonte, la sobreexplotación de recursos y la contaminación de los cuerpos de agua, entre otros.

Crecimiento de la infraestructura carretera

Una de las necesidades básicas para el desarrollo social y económico de un país es la construcción de un sistema de caminos y carreteras, sin embargo, algunos de los impactos que causa su construcción son la pérdida y alteración del hábitat, la mortalidad de los animales en las carreteras, el ruido intensificado y el derrame de contaminantes. Las carreteras también producen los llamados “efectos barrera”, que se manifiestan en la dificultad de la fauna para cruzar las rutas de transporte, reduciendo o eliminando el flujo de genes dentro de las poblaciones. Los fragmentos remanentes se hacen más susceptibles a su degradación y se favorece, entre otros aspectos, la invasión de especies exóticas.

Incendios forestales

Los incendios forestales ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica de muchos ecosistemas forestales del mundo, sobre todo en los bosques templados. Los incendios influyen en los procesos que determinan la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y promueven los procesos de sucesión ecológica que ayudan al mantenimiento de la biodiversidad, sin embargo, ahora muchos de los incendios forestales ocurren en zonas donde anteriormente no había fuegos, mientras que se han suprimido en zonas que presentaban regímenes periódicos de fuego. Los factores que más inciden en el incendio de las masas forestales son la tala sostenida de bosques y el empleo del fuego para la habilitación de terrenos cultivables, aunque también los incendios previos, la condición del arbolado, las fogatas y la quema de basura, favorecen su ocurrencia. Sus efectos sobre los ecosistemas son diversos y dependen de la intensidad y frecuencia de los incendios. La consecuencia más destacada es la remoción de la biomasa vegetal en pie, que junto con la eliminación de los renuevos de las poblaciones de especies arbóreas, retrasa o interrumpe la regeneración natural, además de que propicia la invasión de plagas y enfermedades forestales. El efecto directo del fuego sobre la fauna y en muchos casos en la flora, es la muerte, mientras que, entre los indirectos, pueden mencionarse la pérdida del hábitat, de territorio y de zonas de alimentación, así como el desplazamiento de mamíferos y aves territoriales.

Especies invasoras

Las especies invasoras son aquellas que pueden catalogarse como nuevas en una región y que pueden tener un impacto negativo, ya sea ecológico, social o económico. Actualmente se reconoce que la introducción de especies invasoras, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en el planeta. Las especies invasoras pueden competir directamente con las especies nativas por el uso del hábitat y de los recursos, lo que puede ocasionar la extinción local de especies nativas.

Cambio climático global

Se entiende por cambio global en el medio ambiente, las alteraciones en los sistemas naturales, físicos o biológicos, cuyos impactos no son y no pueden ser localizados, sino que afectan al conjunto de la Tierra. Las actividades humanas, que incluyen la quema de combustibles fósiles, cambios de uso de las tierras y agricultura, están incrementando las concentraciones de gases invernadero; se calcula que estos cambios alterarán el clima regional y global, junto con parámetros relacionados con el clima, como la temperatura, precipitación, la humedad del suelo y el nivel del mar, afectando a la biodiversidad. Este fenómeno se ha manifestado en el medio terrestre por el calentamiento de la temperatura media superficial global en 0.6 °C en los últimos cien años. La precipitación también se incrementó entre 5 y 10 % en las altitudes medias y altas del hemisferio norte, y se redujo 3 % en promedio en las zonas subtropicales. Desde finales de los años sesentas, la cobertura de nieve y la extensión de los hielos disminuyeron en cerca de 10 % en el hemisferio norte. Asimismo, los fenómenos de El Niño se hicieron más frecuentes, persistentes e intensos desde la mitad de los años setentas, en comparación con los cien años previos. Algunos de los efectos asociados con el cambio climático, que se han registrado en las especies de los ecosistemas terrestres son: alteraciones en los periodos de emergencia, crecimiento y reproducción de invertebrados, así como en las fechas de inicio de la reproducción y puesta de huevos en las aves; cambios en la temporada de migración de insectos y aves, y en las áreas de distribución de mariposas; aumento en la diseminación de plagas y enfermedades; cambios en morfología, fisiología y comportamiento de algunas especies de animales y el florecimiento temprano y alargamiento de la temporada de crecimiento de algunas especies de plantas, entre otros. En el caso particular de México, aunque no se predicen extinciones numerosas o cambios drásticos en las distribuciones de especies de animales, sí se señala que se acentuará el recambio en la composición de especies en algunas comunidades, se estima que será más de 40 % de las especies, siendo los bosques templados de pino y encino los ecosistemas más amenazados del país. La variación de la temperatura global sirve como indi-

cador para evidenciar la presión que este fenómeno puede ejercer en los ecosistemas terrestres nacionales.

Palabras clave

Desertificación
Pérdida del suelo
Deforestación
Pérdida de biodiversidad
Diversidad biológica
Erosión

Actividades complementarias

1. ¿Explica por qué se considera que es complejo el fenómeno de la desertificación?
2. ¿Explica las principales causas de la pérdida de la biodiversidad?
3. ¿Qué problemas están asociados con la deforestación?
4. Enumera las principales causas de la pérdida de la biodiversidad.
5. Enumera y explica, al menos, tres acciones que permitan disminuir la desertificación, la deforestación y la pérdida del suelo y de la biodiversidad.

Desechos sólidos: tipos, problemas y manejo

● ADÁN GUILLERMO RAMÍREZ GARCÍA

Residuos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales (RSM), popularmente llamados basura, no son otra cosa que los residuos generados en las casas como resultado de las actividades domésticas y de los productos que se consumen. Entre ellos están los desechos orgánicos que resultan de los alimentos y los inorgánicos como el papel, cartón, vidrio, tela y plástico, entre otros materiales, que ya no se utilizan y no se quieren más en los hogares. En este conjunto de residuos también se incluyen los generados en restaurantes y centros comerciales, así como en la vía pública.

La cantidad de residuos generados está directamente relacionada con el estilo de vida; esto quiere decir que si se compra una gran cantidad de productos, ya sea para la subsistencia, arreglo personal o entretenimiento, grande será también la cantidad de basura que se produzca.

El efecto ambiental más evidente del manejo inadecuado de los RSM lo constituye el deterioro estético de las ciudades, así como del paisaje natural tanto urbano como rural, con la consecuente devaluación, tanto de los predios donde se localizan los tiraderos como de las áreas vecinas por el abandono, la acumulación de basura y la fetidez y otros trastornos de insalubridad que ésta produce, siendo los efectos más evidentes para la población, sin embargo, uno de los efectos ambientales más serios es la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua ocasionada por el vertimiento directo de los RSM, así como por la infiltración en el suelo de los lixiviados (productos de la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos y mezclada, muchas veces, con otros residuos de origen químico).

La generación de biogás resultante de la descomposición de los residuos orgánicos representa no sólo un factor de riesgo, en función de su toxicidad y de su explosividad en ciertas condiciones, sino que también aporta cantidades importantes de gases que contribuyen al efecto invernadero, entre los que se encuentran el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4) que, en exceso, generan problemas ambientales tanto a la atmósfera como al suelo y a los cuerpos de agua.

Breve panorama de la situación en México

Los diferentes desechos sólidos, líquidos y gaseosos tienen efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Los RSM son generados en las casas habitación y provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, así como los resultantes de la limpieza en las vías y lugares públicos, siempre que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos no los considere como residuos de otra naturaleza.

En los últimos años se ha incrementado la generación total de RSM, en el año 2004 alcanzó 34.6 millones de toneladas. Algunos estudios reportan que donde más se producen los RSM es en la región Centro del país (50 %), le siguen la región Norte (18 %) y el Distrito Federal (13 %).

Durante el periodo 1997-2004 la zona Centro, la frontera Norte y la zona Sur incrementaron de manera significativa su generación de residuos (24, 35 y 17 % respectivamente), destacando la zona Centro que, en 2004, alcanzó una generación de 17 millones de toneladas de RSM (véase figura 1).



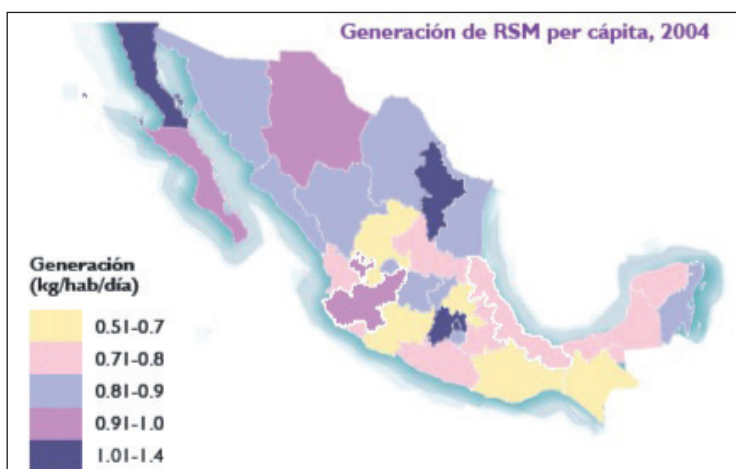
Fuente: Semarnat (2006).

Figura 1. Generación de RSM por región.

Generación de RSM per cápita y por composición

Así como existe un incremento en la cantidad total de residuos generados en el país, el incremento *per cápita* nacional también ha aumentado. De 1997 a 2004 la generación por persona se incrementó en un promedio de 4 kilos al año, resultando 328 kilogramos por habitante en un año, sin embargo, hay diferencias importantes entre los estados, por ejemplo, los habitantes de entidades muy urbanizadas como el Distrito Federal, Nuevo León, Estado de México y Baja California, en 2004 generaron más de un kilo de residuos diarios por persona, por contraste, en estados menos urbanizados como Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Zacatecas y Tlaxcala, su generación no rebasó los 700 gramos diarios. Otro elemento a considerar es la composición de los RSM, que depende tanto de los niveles y patrones de consumo, como de las prácticas de manejo y minimización de residuos. En México la composición es muy variada, lo que más se genera es la llamada basura orgánica,

proveniente principalmente de la comida y de los jardines, seguida por los residuos del tipo de los pañales desechables y, en tercer lugar, el papel, cartón y otros productos derivados del papel. Cabe señalar que, aunque los pañales, plásticos y vidrios se producen en menor cantidad que la basura orgánica, ésta se degrada rápidamente en 3 o 4 semanas, mientras que los plásticos pueden tardar en descomponerse entre cien y mil años (véase figura 2).



Fuente: Semarnat (2006).

Figura 2. Residuos sólidos *per cápita*.

Manejo y disposición de residuos sólidos municipales

El manejo integral de los RSM debe comprender desde su generación hasta su disposición final, considerando almacenamiento, transporte y tratamiento, sin embargo, en la mayor parte del territorio nacional aún no se han incorporado técnicas modernas para la solución de este problema, por lo que es frecuente que los residuos se viertan sobre depresiones naturales del terreno. Con el fin de tener un control sobre la basura y evitar los daños potenciales a la salud o al ambiente, existen sitios donde almacenarla permanentemente: los rellenos de tierra con-

trolados y los rellenos sanitarios. La disposición final en estos sitios permite que se reduzca la exposición a los residuos, ya que el contacto con ellos puede generar, además de la molestia por los malos olores, enfermedades transmitidas por animales —por ejemplo, mosquitos, ratas y cucarachas— y otras afectaciones al medio ambiente.

Hasta ahora la mejor alternativa para la disposición final de los RSM son los rellenos sanitarios, que son sitios construidos con características que permiten una disposición segura. Todavía en 1997 más de la mitad de los residuos se disponían sin control en tiraderos a cielo abierto; afortunadamente, ya en 2006, 55 % de los residuos sólidos urbanos se depositaron en rellenos sanitarios y 10 % en rellenos de tierra controlados. Aunque estos datos muestran un comportamiento positivo, el panorama es preocupante, ya que todavía cerca de la tercera parte de la basura generada se deposita en sitios no controlados que representan focos de infecciones y fuentes de contaminación al ambiente.

Aún en 2001 pocas ciudades contaban con este tipo de instalaciones para operar en condiciones sanitarias adecuadas. México ha logrado un enorme avance; de 1995 a 2004 el número de rellenos sanitarios se triplicó y la cantidad de RSM que se depositaron en ellos aumentó de 5.9 a 18.3 millones de toneladas (52 % de los RSM generados), sólo el estado de Oaxaca no reportaba la existencia de rellenos sanitarios. El resto todavía se deposita en rellenos de tierra controlados (11.5 %) y no controlados (32.9 %).

Manejo de residuos sólidos

La situación que guarda el manejo de residuos sólidos en México se considera crítica. Es común ver cómo residuos se acumulan a las orillas de carreteras, en calles y barrancas, o se queman a cielo abierto sin control, mientras que los servicios de recolección o no existen o se encuentran en deplorables condiciones. Los sitios de disposición son inadecuados y su manejo ineficiente, todo ello sin considerar que el presupuesto destinado a este sector es muy limitado.

Se calcula que en el mundo, día a día, se incrementa la producción diaria de basura y el porcentaje de los residuos no biodegradables; la-

mentablemente, se ha considerado que este incremento se asocia con un mejoramiento en el nivel de vida, sin embargo, la situación de saneamiento básico se agrava y, por otro lado, los recursos naturales se contaminan y se degradan.

El impacto negativo que tienen los residuos sólidos en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida es innegable. En lo que se refiere a la salud, el impacto directo se da principalmente en los llamados pepenadores.

Una práctica común es que, normalmente, los desechos peligrosos (por ejemplo, de hospitales) no se separan desde el punto de origen y se mezclan con desechos municipales, lo cual produce que los impactos sean más graves aún.

Un impacto indirecto se da cuando se acumulan en zanjas y drenes y se transforman en reservorio de insectos y roedores, los cuales causan diversos tipos de enfermedades como el dengue, la leptospirosis, el parasitismo y diferentes enfermedades de la piel. La quema de basura a cielo abierto aumenta los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluido el cáncer, aparte de su contribución al cambio climático.

En el mismo sentido, los impactos al ambiente son la contaminación de los recursos naturales (agua, suelo, aire) y el deterioro del paisaje. Los residuos acumulados atraen aves de rapiña y otros animales considerados como fauna nociva, que deterioran el valor estético de los hogares y de los paisajes.

¿Pero de quien es la responsabilidad del manejo adecuado de los residuos sólidos? De acuerdo con la legislación vigente, una vez que los residuos sólidos son desechados por el generador, pasan a ser responsabilidad de los gobiernos locales. La principal responsabilidad de los municipios es la de organizar y manejar el sistema de aseo público, incluido el mantenimiento y construcción de la infraestructura para el servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos. Cabe decir que, si bien de acuerdo con la ley los gobiernos municipales son los principales responsables del manejo de los residuos sólidos, la responsabilidad real es de todos. Es común la creencia de que cuando se deposita la basura en los botes de la calle o se la llevan los camiones recolectores, la historia de la basura acaba, sin embargo, después la

basura sigue un largo camino, se transporta, se concentra en sitios llamados de transferencia y se dispone finalmente en algún sitio.

No todos los residuos sólidos son basura inservible. El cartón, las latas y el vidrio, entre otros materiales, pueden ser reusados o reciclados. Este proceso de separación y reciclaje de la basura se da a lo largo de su camino al sitio de disposición final; desafortunadamente, el porcentaje de basura reciclada es muy bajo, se calcula que es cercano a 2.4 % del volumen total de residuos generados, y que puede alcanzar hasta 12 % si se toma en cuenta que gran parte de la basura se separa directamente en los camiones recolectores.

Problemas en la gestión de los residuos sólidos

De acuerdo con un estudio denominado diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, que realizaron el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización de la Salud (OPS) entre 1994 y 1998, las principales debilidades en la gestión de los residuos sólidos se pueden agrupar en las siguientes categorías: a) institucionales y legales b) técnicas y operativas, c) económicas y financieras, y d) sociales y comunitarias.

En lo que se refiere al área institucional y legal, los principales problemas son la falta de reconocimiento como sector formal y la escasa importancia que se le da a dicho sector. Las deficiencias en la política pública para reducir la generación de residuos y la falta de recursos humanos capacitados y calificados en todos los niveles del sector son una constante.

Dentro del área técnica y operativa no hay una separación entre los residuos especiales y peligrosos de los residuos sólidos municipales, por lo que, comúnmente, se mezclan. La cobertura de recolección oficial es reducida en las ciudades intermedias y menores, así como en los asentamientos marginales urbanos. La quema de residuos sólidos dentro y fuera de los tiraderos es alta.

En el área económica y financiera son pocos los gobiernos que han cuantificado los costos y posibles valores de los residuos sólidos.

En el área social y comunitaria la participación de la comunidad es reducida, lo que trae como consecuencia una actitud negativa con respecto al pago del servicio; por otro lado, el incremento de los llamados pepenadores son resultado del desempleo y la pobreza extrema.

Los residuos sólidos son producto de la relación entre el hombre y el medio, por lo que la definición más aceptada es “todo material descartado por la actividad humana, que no ha tenido utilidad inmediata y se transforma en indeseable”.

Los desechos sólidos no reutilizables son una concepción humana, en cambio los sistemas ecológicos son dinámicos, en los cuales todos los elementos residuales de cualquier organismo son reciclados o reincorporados constantemente. El balance ecológico se mantiene de forma compleja, sus elementos son interdependientes y todos los organismos tienen crecimiento limitado.

Si se parte del respeto al balance ecológico, una alternativa al problema de los residuos sólidos es buscar las formas de reducir, reciclar y reutilizar los desechos generados por la sociedad. Resulta paradójico que, en la naturaleza, los procesos biológicos sean cíclicos, además de ser altamente eficientes en el empleo de energía, mientras que la mayoría de los procesos productivos que desarrollan los seres humanos sean lineales y consuman y desperdicien grandes cantidades de energía, agua y materiales. Estos procesos antropogénicos, incluyendo todos aquellos en los que se generan residuos, y la disposición final de éstos, contribuyen a provocar todos los fenómenos adversos a la vida en el planeta, donde sobresalen el cambio climático global y el deterioro de la capa de ozono que tantos estragos causan.

Manejo integral de residuos sólidos

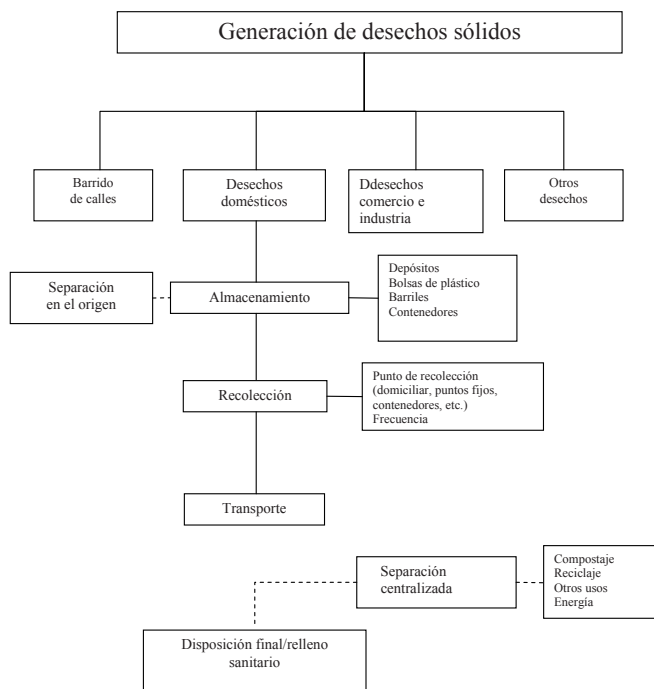
La aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr objetivos y metas óptimas en un lugar específico se define como manejo integral de residuos sólidos, definición que implica establecer primero una visión que considere factores propios de cada lugar para asegurar su sosteni-

bilidad y beneficio y, a continuación, implementar un programa de manejo que logre esa visión. Los aspectos a considerar en el programa son los siguientes:

1. **Técnicos:** la tecnología utilizada debe ser de fácil implementación, operación y mantenimiento, el recurso humano y los materiales deben ser de la zona y abarcar desde la producción de los desechos hasta su disposición final.
2. **Sociales:** el fomentar hábitos positivos en la población y el desalentar los negativos, se deben de promover junto con la participación y organización comunitaria.
3. **Económicos:** es indispensable hacer eficiente el costo de implementación, operación y mantenimiento, al alcance de los recursos de la población y económicamente sostenible con ingresos que cubran los costos del servicio.
4. **Organizativos:** la administración y gestión del servicio debe ser simple y dinámica.
5. **Salud:** la prevención de enfermedades infecto-contagiosas se debe fomentar a través del programa.
6. **Ambientales:** se debe considerar en el programa la disminución de impactos ambientales negativos en suelo, agua y aire.

De esta manera, un sistema de manejo integral de residuos sólidos debe optimizar los aspectos descritos y contribuir a minimizar los impactos sociales en la salud y en el ambiente.

Para ofrecer una solución integral al problema de manejo de residuos sólidos las alternativas deben incluir los elementos imprescindibles, es decir, aquellos que no pueden faltar en el sistema, como son la recolección, el transporte y la disposición final, complementados por estaciones de transferencia, almacenamiento temporal, separación centralizada o en el punto de origen y compostaje por la comunidad o municipio. A continuación se describen los elementos físicos que componen un sistema de gestión de residuos sólidos y sus interrelaciones (véase figura 3).



Fuente: Semarnat 2006

Figura 3. Elementos físicos del sistema de manejo de residuos.

Residuos peligrosos

Sitios con residuos peligrosos

Existe otro tipo de residuos conocidos como peligrosos, que son diferentes a los que se producen comúnmente en las casas, escuelas o lugares de trabajo. Como resultado de las actividades de las industrias, hospitales, talleres e incluso en las viviendas, se generan residuos que pueden ser muy peligrosos para la salud, el ambiente o ambos. Ejemplos de graves intoxicaciones por residuos peligrosos, específicamente por mercurio o cadmio, han ocurrido en países como Japón en 1953 y 1960 o incluso en

México, con la contaminación por el cromo descargado en las aguas residuales de Tultitlán, en el Estado de México, entre 1974 y 1977.

Los residuos peligrosos (RP) se definen como aquellos que, sustancial o potencialmente, ponen en peligro la salud humana o al medio ambiente cuando son manejados en forma inadecuada. Formalmente, la ley define a los residuos peligrosos como aquellos que poseen alguna de las características llamadas CRETIB, es decir, que sean corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico-infecciosos, así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados por ellos. Algunos ejemplos de residuos peligrosos son los lodos que quedan del tratamiento de aguas residuales, el aceite gastado, los residuos de pintura y del curtido de pieles, las pilas y otras baterías.

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

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

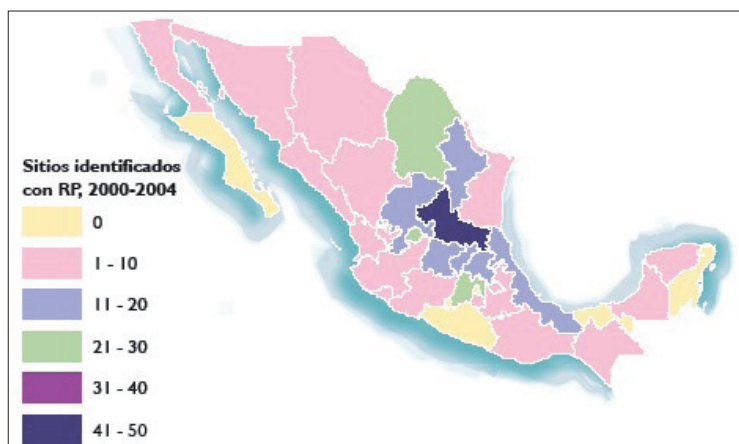
Algunos otros compuestos como los radiactivos y algunos plaguicidas —como el DDT y el lindano— tienen efectos mutagénicos en el organismo, es decir, modifican la información genética contenida en las células y pueden producir malformaciones en recién nacidos, como el paladar hendido o defectos cardíacos.

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

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

Se asocian dos grandes líneas a la problemática de los residuos peligrosos, por un lado, la que se refiere a la presencia de sitios ya contaminados y que requieren ser remediados, y por otro la que se refiere a la prevención de la contaminación causada por fuentes en operación. Actualmente son más de 297 sitios que se consideran contaminados con RP, de los cuales 119 están clasificados y se priorizaron de acuerdo con el riesgo que representan para la salud y el ambiente, otra parte se encuentra en proceso de rehabilitación y los menos se consideran ya rehabilitados.

Los sitios con mayor número de RP se ubican en los estados de San Luis Potosí (15 %), el Estado de México (10 %), Aguascalientes (9.4 %), Coahuila (7.1 %) y Veracruz (6.7 %). En cambio, en Baja California Sur, el Distrito Federal, Guerrero, Quintana Roo y Tabasco no se reporta ningún sitio con RP (véase figura 3).



Fuente: Semarnat, 2006.

Figura 3. Sitios en el país identificados con RP.

Generación de residuos sólidos peligrosos

En 1999 se estimaba una generación de casi 3.2 millones de toneladas de RP producto de 12 514 empresas; para el año 2000 se estimó una generación de 3.7 millones de toneladas producidas por 27 280 empresas; en el 2004 esta cifra se incrementó a 6.17 millones de toneladas generadas por 35 304 empresas. A esos datos hay que agregar que no existe certeza plena sobre la generación de residuos peligrosos en el país, pues no se contabilizan los que se originan en un gran número de micro, pequeñas y medianas industrias potencialmente generadoras de RP, por lo que estos datos sólo incluyen a las principales industrias del país. Las entidades que más residuos producen son Guanajuato y el Distrito Federal, un millón 150 mil y 625 mil toneladas por año, respectivamente; en contraste, estados como Baja California Sur y Quintana Roo no sobrepasan las 160 toneladas por año. Las fuentes generadoras más importantes de RP en el país fueron los sectores manufactureros (77 %) y minero y petrolero (11 %).

Manejo de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos deben someterse a un manejo que permita reducir su volumen y peligrosidad. El manejo de los residuos peligrosos tiene varias opciones: el reciclaje, la incineración, el reúso, el tratamiento y su confinamiento. El manejo de este tipo de residuos es una herramienta para prevenir la contaminación ambiental, así como los efectos sobre la salud.

La capacidad instalada acumulada para el manejo de RP industriales en 2004 se calculó en casi 5.4 millones de toneladas. Los mayores avances se registraron en la capacidad de reciclaje y tratamiento. Ésta se concentró en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Estado de México, Tabasco y el Distrito Federal. En lo que se refiere a residuos biológico-infecciosos la infraestructura ha crecido rápidamente, de manera que, en la actualidad, se cuenta con una capacidad instalada superior a la demanda de servicios. De las 196 249 toneladas, capacidad

autorizada de tratamientos *in situ*, el estado de Nuevo León concentra 97 % y el Distrito Federal, Puebla y Sonora concentran 2.1 %.

La minería y su impacto en el ambiente

En México, la minería es una de las actividades económicas que, en los últimos años, han incrementado sus efectos negativos sobre el ambiente, debido a varios factores: a su gran diversidad productiva, que influye en el tipo de minado y de proceso de beneficio empleado; a su amplia distribución geográfica en el país, a la concentración de la producción en un número reducido de empresas privadas nacionales y extranjeras de la gran minería, lo cual se refleja geográficamente en la presencia de un número importante de unidades mineras de gran capacidad, que desarrollan sus operaciones en forma intensiva en algunos espacios, mediante sistemas de producción que permiten la extracción y beneficio primario de grandes volúmenes de minerales de baja ley (escaso contenido de mineral por tonelada de roca). Finalmente, no hay que olvidar que la minería ha sido una actividad con una larga tradición histórica de más de 500 años, que ha mantenido activos, desde entonces, algunos espacios mineros con la consiguiente persistencia de su impacto en el entorno físico-geográfico, a lo largo del tiempo.

Entre los factores que inciden en la naturaleza y la intensidad del impacto ambiental de la actividad minera, además de la magnitud de las operaciones señaladas, destacan: el sistema de extracción del mineral o tipo de minado, el método empleado en el beneficio de los minerales, el lugar de destino de los desechos o jales y su manejo y la combinación de todos los aspectos anteriores con los componentes del medio físico con los que interactúan.

Por ejemplo, la mayoría de los proyectos mineros desarrollados en los últimos años explotan los yacimientos mediante el sistema de tajo o minado a cielo abierto. Tal es el caso de todas las minas de hierro, de algunas minas de carbón, de la mayoría de las grandes minas de cobre y molibdeno (las de Sonora), de la mina de plata de Real de Ángeles, ya agotada, y de todas las minas de oro de reciente apertura (las de las empresas canadienses y norteamericanas), entre las más importantes.

La minería a cielo abierto implica la extracción de grandes volúmenes de minerales de baja ley con bajos costos de producción, dejando la posibilidad de desarrollar minería subterránea sólo en aquellos prospectos en donde se identifican minerales de gran riqueza por tonelada, que ameritan la elevada inversión que implica este tipo de minería. Sin embargo, la minería a cielo abierto tiene impactos más evidentes sobre el ambiente que la minería subterránea, pues la movilización de grandes volúmenes de roca para dejar al descubierto el yacimiento (descapote), y su posterior acumulación en terreros, así como el minado propiamente dicho, mediante la construcción de terrazas escalonadas de gran pendiente que, al irse haciendo más profundas con el avance de la explotación, forman oquedades inmensas que alteran enormemente el paisaje: a) modifican la topografía local, al desaparecer cerros y lomeríos y formar terreros que, por su tamaño, llegan a constituir verdaderas montañas; b) contaminan los ríos y arroyos con los materiales rocosos estériles producto del descapote; c) eliminan la cubierta vegetal y edáfica original, provocando efectos como la modificación de los patrones y el volumen de la escorrentía, cambios en la infiltración del agua, el incremento en la velocidad de la erosión de origen antrópico y la reducción, migración o extinción de la fauna local; d) favorecen la formación de tolvaneras continuas que afectan a la población asentada en las inmediaciones de las minas; y e) contribuyen a la contaminación sonora y a la inestabilidad del terreno provocadas por el impacto de las explosiones en las paredes del yacimiento, con el fin de fragmentar el mineral para facilitar su recolección y su transporte a las instalaciones de molienda, que ponen en condiciones de riesgo a los asentamientos humanos, a la fauna local y a la salud de la población (Sánchez y Sánchez, 1993).

Por su parte, la minería subterránea, a través de la construcción de tiros, socavones, accesos y respiraderos, puede provocar diversos efectos ambientales como el abatimiento de los mantos freáticos o la alteración en la circulación general del agua subterránea, debido al bombeo del agua causado por la profundización de las obras mineras, lo cual puede llegar a generar problemas de escasez de agua para la población local, considerando que la mayoría de las minas se ubican en regiones áridas y semiáridas. Estos problemas se han presentado en

algunas minas del Estado de México, como en las del área de Zacualpan y Sultepec (esta última ya agotada). Otro efecto de la minería subterránea, sobre todo en las antiguas localidades mineras en donde los asentamientos humanos se han expandido sobre áreas donde el subsuelo se encuentra cruzado por socavones, son los hundimientos y asentamientos del terreno, que constituyen un riesgo para la población, como ha ocurrido en algunas partes de las ciudades de Pachuca, Taxco o Zacatecas (*idem*).

El sistema empleado en el beneficio de los minerales también provoca efectos negativos sobre el medio circundante; la naturaleza y la intensidad del posible daño depende del método de beneficio utilizado (el cual va en función de la clase y proporción de contenidos valiosos de mineral) y de los reactivos utilizados en el proceso de separación del mineral de la roca estéril para su concentración. Por ejemplo, entre los métodos de beneficio más empleados en la minería metálica se encuentran los de flotación (polimetales), cianuración en tanques o camas (oro, oro-plata), lixiviación con soluciones de ácido sulfúrico y procesos de hidrometalurgia (cobre) (Coll *et al.*, 2002). Con excepción del primer método, cuyo empleo ha sido más tradicional en la minería metálica subterránea desarrollada a lo largo del siglo XX, los demás son propios de la minería moderna y se aplican a los grandes volúmenes de mineral con bajos contenidos minerales por tonelada, extraídos de minas a cielo abierto. Debido a que el empleo de esta tecnología potencialmente más agresiva al medio va asociada a unidades mineras de gran tamaño y capacidad de producción, sus efectos sobre algunos componentes ambientales como el agua superficial y subterránea, el suelo y los seres vivos (flora y fauna), pueden ser muy importantes, y se manifiestan mediante los procesos de infiltración o percolación del agua con soluciones contaminantes a través del suelo y el subsuelo, hasta alcanzar los mantos freáticos, los vertimientos contaminados hacia los ríos y arroyos o los residuos sólidos transportados por el viento, entre otros.

Finalmente, los desechos sólidos derivados del proceso de beneficio de minerales son depositados en las denominadas “presas de jales”, cuya construcción debe obedecer a normas estrictas, pues su impacto potencial depende de su tamaño y capacidad de almacenamiento de residuos, de su cercanía a zonas pobladas, de la dirección de los vientos

dominantes, de la permeabilidad del suelo, de la textura de los jales o residuos y de la posibilidad de estabilizar a éstos mediante obras de forestación y siembra de pastizales, como se ha hecho en el caso de algunas unidades mineras.

¿Pero qué podemos hacer para abordar la problemática de los desechos sólidos?

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

Para disminuir tu generación de basura:

- Informa y convence a tus padres de comprar productos que no tengan exceso de empaques y preferir aquellos que contengan o estén empacados con materiales biodegradables, como el papel y el cartón.
- Opta por consumir alimentos no procesados y empacados, que generan menos residuos.
- Únete a los que practican la estrategia de las “Tres R”: Reduce, Reúsa y Recicla. Reduce tu basura a través de un consumo responsable. Reúsa cajas, botellas, bolsas, papel y todo lo que puedas. Recicla plásticos, papeles y cartones.
- Separa tu basura, de esta manera podrás implementar las “Tres R”, ya que no se deteriorarán los residuos que se puedan reusar y reciclar y será más sencillo procesarlos en el lugar donde se reciben.

Con respecto a los residuos peligrosos:

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

Contaminación marina y pérdida de ecosistemas costeros

● **ELVA ESCOBAR BRIONES, CARLOS GREEN RUIZ, FEDERICO PÁEZ
OSUNA, GUADALUPE PONCE-VÉLEZ, LETICIA ROSALES HOZ,
ANA CAROLINA RUIZ-FERNÁNDEZ, MARTÍN F. SOTO JIMÉNEZ,
ALFONSO VÁZQUEZ BOTELLO**

Los mares cubren 71 % de la superficie de la Tierra, su presencia es vital para el buen funcionamiento del planeta, para el bienestar humano y su desarrollo. México, al igual que otros países, se esfuerza en cumplir con los compromisos establecidos para los temas de ambiente y desarrollo en el marco de la Agenda 21, adoptada en la Conferencia de Río (UN, 1992), al mejorar el conocimiento sobre el ambiente marino. La vida humana depende de ecosistemas marinos y oceánicos. Los océanos en buen estado de salud proveen alimento, compuestos precursores de medicamentos, energía y resguardo y son de gran importancia para industrias que generan prosperidad en el país, como las industrias pesquera, petrolera y el turismo. La industria marítima provee empleos y contribuye al producto interno bruto del país, en 2009 se reflejó en un incremento de 1.4 % en las actividades primarias, donde se encuentra la pesca. A futuro se podrán explotar otros recursos, como son los minerales en el fondo, y los fármacos procedentes de la biota que se ha adaptado a condiciones marinas extremas. Los mares son, asimismo, fundamentales en los procesos que dan sostén a la vida, como el clima, el ciclo del agua, el reciclaje de nutrimentos, el aporte de oxígeno a la atmósfera y la absorción de dióxido de carbono (CO₂). Mientras la capacidad de extracción respecto a la producción natural no se exceda, los mares continuarán contribuyendo con recursos y servicios, entre los que se incluye la purificación de los desechos y contaminantes generados por las actividades humanas. La evaluación de los cambios, en las condiciones actuales y futuras del estado de los océanos, adquiere relevancia especialmente al no haberse instaurado en el país un esfuerzo sistemático que garantice la sostenibilidad y el valor de los servicios que los mares proveen a la población humana.

La factibilidad de establecer en las próximas décadas un proceso regular de evaluación del ambiente marino, a nivel regional y global, se ha explorado desde 2001 y llevará a dar seguimiento a las condiciones del mar y sus recursos.

Muchos servicios provenientes de los mares no tienen valor económico, a pesar de ser un apoyo fundamental para la sociedad. Los paisajes marinos son culturalmente invaluable en el marco espiritual, estético y recreativo. La investigación y educación marina contribuyen con conocimientos de gran valor para permitir reconocer la importancia de los mares para la humanidad. El manejo exitoso de los océanos puede conllevar grandes beneficios económicos, al contribuir a la reducción de la pobreza y de las enfermedades transmitidas por vía acuática, así como al garantizar el alimento, todas ellas, metas de desarrollo de la evaluación del Milenio (MA 2005).

Características de los mares

Los océanos tropicales son, generalmente, muy poco productivos en comparación con los mares de altas latitudes, por lo cual se les denomina oligotróficos. En las zonas costeras o en las regiones marinas de México, donde los aportes costeros, las corrientes marinas u otros procesos físicos transportan cantidades importantes de nutrimentos a la capa superficial del mar, la situación cambia y se producen áreas de alta producción (Merino y Monreal, 2004). En aguas costeras los aportes de nutrimentos a través de los ríos son los generados por actividades humanas; en mar abierto el principal proceso se conoce como las surgencias o afloramientos, donde el agua subsuperficial asciende a la superficie del océano por efecto del viento y de las condiciones topográficas de la región. Junto con la zona costera, las áreas inmediatamente más productivas son las márgenes de los océanos. En los mares de México se presentan muy diversas condiciones de disponibilidad de nutrimentos; el Pacífico mexicano genera diferencias importantes en la productividad, siendo más productivo que los otros mares nacionales. En México los océanos se han percibido, por mucho tiempo, como sistemas inmensos, inagotables e inafectados por las actividades hu-

manas; se consideran, aún hoy, una reserva enorme a explotar y utilizar. Los cambios generados por las actividades humanas son evidentes en la pesca, en el cambio de las condiciones por contaminación y en la consecuente pérdida de hábitats en los ecosistemas marinos. A continuación se sintetiza el estado de conocimiento de algunas de las principales actividades que afectan el ambiente marino costero en México.

La pesca

La pesca en México se ve favorecida por la gran variedad de ambientes marinos existentes, que permiten que haya una gran diversidad de recursos pesqueros susceptibles de explotación, entre los que se han reconocido casi 870 especies, donde 93 % son peces. La producción pesquera en México parece haber llegado al máximo, reconociéndose que un número importante de especies se encuentran sobreexplotadas. Esto ha tenido un fuerte impacto en las especies que son el objetivo primordial de la pesca, y ha afectado a otras especies de peces y a invertebrados, aves, mamíferos y tortugas, a través de la pesca incidental. La pesca en los fondos marinos ha afectado los hábitats marinos a través del impacto generado por las artes de captura que destruye corales o ceibadales y resuspende el sedimento afectando, en ambos casos, al ecosistema marino con la destrucción de refugios para fases reproductivas y juveniles de las especies, e introduciendo nutrientes en exceso, respectivamente, y llega a retener, incidentalmente, especies cuya población esté vulnerable y pudiera estar en riesgo de desaparecer (por ejemplo, la pequeña ballena conocida como *vaquita* en el norte del golfo de México).

La contaminación

En el ecosistema costero la contaminación es de diferentes tipos, y se reconoce mediante la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos, nutrientes excesivos y movilización del sedimento. Los habitantes de los estados costeros están vinculados en el continente con

diversas actividades económicas entre las que sobresalen las agrícolas, agropecuarias, pesqueras, el turismo y la acuicultura, mismas que generan e introducen al ambiente acuático diferentes tipos de contaminación. Más de 80% de la contaminación marina se origina en fuentes terrestres (aguas residuales, aportes de la agricultura y las derivadas de la deforestación). De los litorales, el Pacífico mexicano ha sido, relativamente, menos estudiado. Entre los contaminantes detectados en los ecosistemas y la fauna de la zona costera del Pacífico hay, al menos, 22 compuestos de pesticidas organoclorados; el más frecuente y con mayor concentración es el hexaclorobenceno (HCB), en niveles que van de <80 ng/g en lagunas del sur de Sinaloa, Nayarit y Jalisco, a 911 ng/g en la laguna de Yávaros en Sonora (Páez-Osuna *et al.*, 2002) que está rodeada de extensos predios agrícolas.

Por otra parte, la movilización del sedimento, resultado del intemperismo de las rocas, introduce metales al ambiente en forma disuelta en la columna de agua y en el agua acumulada en los intersticios del sedimento. Los metales son contaminantes persistentes que pueden permanecer en el ambiente por muchas décadas, afectando especialmente la fauna que habita o se alimenta del fondo marino. La introducción de metales se da también por vía atmosférica o por actividades humanas, transportados éstos por las corrientes superficiales, marinas, los drenajes urbanos y los efluentes industriales que drenan al mar. La concentración de metales originada de la actividad humana es más alta que la de origen natural (vulcanismo y aporte hidrotermal), lo que vuelve vulnerables a los ecosistemas al transmitirse éstos a través de la cadena trófica y llegar al hombre a través del consumo de organismos marinos. Los estudios realizados en la zona costera del golfo de México han reconocido la presencia de plomo, cadmio, cromo y níquel en concentraciones elevadas (Vázquez Botello *et al.*, 2004). Los efectos biológicos adversos producidos por cromo son los de mayor riesgo de contaminación por las actividades pesqueras que se llevan a cabo en los ríos. Alrededor de 40 % de la agricultura y 97.6 % de la acuicultura nacional se practica en la región del golfo de California (Páez-Osuna *et al.*, 2003). Los efluentes derivados de estas actividades se caracterizan por la presencia notoria de nutrimentos, plaguicidas y metales.

Metales pesados

Los metales son contaminantes que tienen una fuerte afinidad con las partículas suspendidas en el agua y se acumulan en los sedimentos de los sistemas acuáticos, causando el deterioro de la vida y de los procesos regulados por ésta. El acúmulo contiene un registro que permite evaluar la historia de cómo se ha desarrollado la contaminación con el paso del tiempo y, con ello, reconstruir los cambios en el ambiente, a condición de que se logre establecer un marco temporal confiable y se disponga de datos históricos para corroborarlo (Ruiz-Fernández *et al.*, 2009).

Como un ejemplo de este tipo de estudios en el país se presentan los resultados de la reconstrucción histórica de los flujos de Cd, Cu, Hg y Pb en tres lagunas costeras del Pacífico Mexicano (Ohuira, Chiricahueto y Estero de Urías, en el estado de Sinaloa), que se caracterizan por ser zonas de refugio invernal de aves migratorias, de pesca y de producción acuícola. Para este estudio se analizaron núcleos sedimentarios recolectados en zonas cubiertas por vegetación halófila (especies *Salicornia pacifica* y *Batis maritima*), bajo la suposición de que esta vegetación protege a los sedimentos del efecto erosivo de la marea y el oleaje, asegurando una mejor preservación de los registros sedimentarios. Para el fechado de los sedimentos se utilizó el isótopo plomo 210 (^{210}Pb), que es un radionúclido natural producido a partir de la cadena de decaimiento del uranio 238 (^{238}U) y tiene una vida media de 22.26 años, por lo cual es un trazador ideal para fechar sedimentos depositados los pasados 100 años, periodo en el cual la urbanización e industrialización de la zona costera se ha expandido, y se corroboró con concentraciones de metales, dada la dificultad de usar el isótopo Cesio 137 (^{137}Cs), derivado de las pruebas atmosféricas de armas termonucleares que tuvieron lugar en los años sesentas.

Las concentraciones de los metales caen en el intervalo de áreas costeras contaminadas por efectos de la actividad humana en esas zonas del mundo (véase cuadro 1).

CUADRO 1. CONCENTRACIONES DE METALES EN SEDIMENTOS
COSTEROS (EN MG G⁻¹, EXCEPTO EL ALUMINIO)

<i>Localidad</i>	<i>Al</i>	<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Hg</i>	<i>Pb</i>
Alley Pond, EUA	n.d.	0.25-1.3	75-600	n.d.	10-1000
Goose Creek, EUA	n.d.	0.25-1.5	10-250	n.d.	10-1000
Hunters Island, EUA	n.d.	0.1-0.75	10-150	n.d.	10-350
Caumsett, EUA	n.d.	0.25-2.5	10-110	n.d.	10-350
Flax Pond, EUA	n.d.	0.1-0.15	5-25	n.d.	10-100
Shelter Island, EUA	n.d.	0.1-1.5	5-100	n.d.	10-150
Bahía Galveston, EUA	6-10	0.10-0.19	8-19	0.07-0.08	15-32
Bahía Tampa, EUA	0.5-2	0.04-0.26	2-9	0.02-0.06	4-16
Pantano Eight Day, EUA	n.d.	2.1-87	65-1140	15-588	89-518
Estuario Tijuana, EUA	n.d.	0.3-2.0	10-25	n.d.	20-60
Estuario Göta älv, Suecia	n.d.	n.d.	59±16	1.5±1.2	69± 21
Estuario Orwell, Reino Unido	n.d.	0.1-2.0	10-60	0.1-0.9	20-100
Estuario Stour, Reino Unido	n.d.	0.1-1.2	10-40	0.1-0.7	10-55
Estuario Mersey, Reino Unido	n.d.	n.d.	50-600	0.1-7	50-550
Laguna Venice, Italia	9-17	n.d.	7.5-55	n.d.	9-55
Laguna Fusaro, Italia	<1.0	0.3-4.0	26-125	n.d.	24-94
Laguna Nador, Marruecos	n.d.	l.d.-1.7	2-94	n.d.	l.d.-76
Punta Calimere, India		0.21-0.29	27-40	n.d.	19-25
Costa Europa del norte	n.d.	1.2-15	20-250	n.d.	40-250
Laguna Chiricahueto	0.5-5.5	0.2-2.0	9.3-76	<0.01-0.6	9.7-72
Laguna Estero de Urias	1.3-5.8	0.3-1.5	5.6-19	<0.01-0.3	14-46
Laguna Ohuira	2.6-12	0.01-0.5	15-25	<0.01-0.3	116-180

Notas:[Al] que está en (%). Abreviaturas n.d.= no disponible; l.d.=por debajo del límite de detección.

Los resultados del estudio de la contaminación por metales en núcleos sedimentarios permitieron reconocer el grado de incorporación y los cambios en el suministro de Cd y Cu. El suministro de Hg en el Estero de Urías se atribuyó a la precipitación atmosférica por emisiones generadas de la quema de combustibles fósiles, en este caso por la planta de generación de electricidad de Mazatlán. En la laguna de Ohuira, el empleo de fertilizantes utilizados en el valle del Fuerte fue la fuente más probable de Cd, en tanto que la contaminación por Cd, Cu y Hg en la laguna de Chiricahueto se atribuyó a los residuos agrícolas del valle de Culiacán. Estos perfiles permiten ver el cambio en la contaminación por metales a partir de la expansión inicial del valle agrícola de Culiacán, desde el establecimiento de los distritos de irrigación con el uso de diferentes fertilizantes, agroquímicos y fungicidas, la construcción de canales de riego en la década de los treinta, el crecimiento poblacional sostenido desde 1948 a partir de la construcción de la presa y los aportes de suelo y metales por erosión debida a la deforestación en los años cincuenta. Algunos picos de concentración de Pb, encontrados a fines de la década de los veinte, no tienen explicación, y es una pregunta abierta para el futuro. Los flujos de metales en el valle de Culiacán permiten reconocer incrementos atribuidos al desarrollo agrícola, influidos por las variaciones anuales en los patrones de lluvias y tormentas tropicales en la región. La escorrentía de agua propicia el transporte de los metales a los cuerpos acuáticos, éstos se incorporan al sedimento o se integran a la cadena alimentaria, donde las concentraciones de metales pueden alcanzar niveles tóxicos para la biota y para el hombre, a través de la ingestión de peces, por tanto, se recomienda profundizar en la investigación de la toxicidad de los metales en la zona costera de México.

En la laguna de La Paz, en Baja California Sur, se presenta un enriquecimiento moderado de arsénico As, Cd, Hg y Pb en los sedimentos, cuyo origen parece estar más relacionado con la geoquímica de las formaciones fosfáticas de la región que a las actividades humanas. La presencia de metales como Cd, Cu, Zinc (Zn), Pb y Hg se ha reportado en algas y organismos marinos, reconociendo que un número elevado de sustancias tóxicas se acumulan en la trama alimenticia, ocasionando efectos deletéreos —por ingerir productos marinos— a los carnívoros

y poblaciones humanas, y diagnosticando una contaminación moderada en la mayor parte de la región.

Hidrocarburos y contaminantes orgánicos

La contaminación marina y costera derivada de los hidrocarburos en el golfo de México es un proceso que inicia en México en la década de los cincuentas, en la región localizada al sur de Tamaulipas y norte de Veracruz, conocida como la “Faja de oro”. La movilización de este energético desde y por el país conlleva a descargas accidentales y/o intencionales, así como el lavado de buques-tanque, que son la mayor fuente de contaminación por petróleo en los ambientes costeros del golfo de México (Botello *et al.*, 1992). Dentro del universo de los hidrocarburos, el grupo de los aromáticos policíclicos, HAPs, representa el objeto de estudio ambiental más importante, debido principalmente a sus características cancerígenas, genotóxicas y de persistencia ambiental, las cuales los hacen compuestos de alto riesgo tanto ecológico como para la salud humana. Este tipo de hidrocarburos puede originarse de la combustión incompleta de la materia orgánica en las chimeneas, los motores automotrices y los procesos industriales, así como de emisiones petrogénicas derivadas de procesos no relacionados con la combustión. Actualmente se asume que en el medio costero y marino provienen de fuentes antropogénicas como descargas urbanas, vertimientos accidentales de los buques-tanque, de las plataformas y pozos petroleros; cada fuente otorga un patrón característico de poliaromáticos que permite identificar los procesos que los generaron. El contenido de hidrocarburos en diversos ecosistemas costeros del golfo de México ha sido evaluado, desde hace 30 años, por diversas instituciones nacionales, detectándose a la fecha niveles del orden de los picogramos. Las bajas concentraciones en el agua se deben a su reducida solubilidad.

La zona costera del sureste del golfo de México, principalmente en Campeche, ha sido sometida a una gran presión ambiental con el desarrollo de las plataformas petroleras marinas desde la década de los setentas, y el evento del pozo Ixtoc I, en 1979, ha sido uno de los de mayor impacto a nivel mundial. Los sistemas costeros de Veracruz

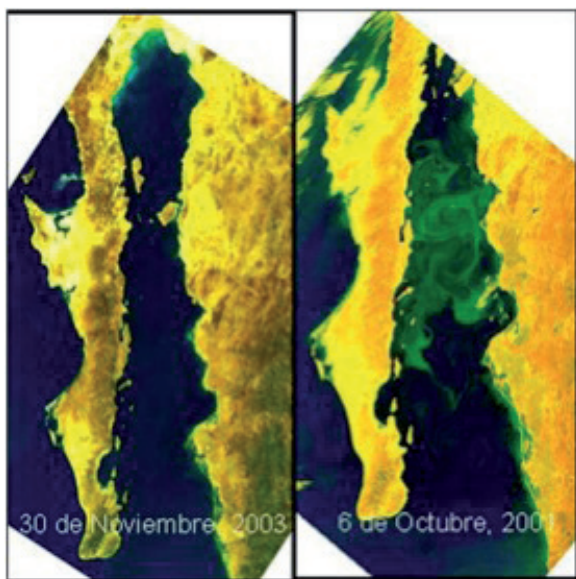
ocupan el segundo lugar en este aspecto, los ríos Tuxpan y Coatzacoalcos tienen concentraciones de hidrocarburos en sus aguas iguales o mayores que las presentes en la zona portuaria. Las lagunas costeras de Tabasco han registrado niveles de hidrocarburos menores que los mencionados, pero superiores a los criterios internacionales para tener una calidad aceptable. En mar abierto, en el área de la sonda de Campeche, también se han reportado cantidades de estos compuestos orgánicos que sobrepasan los valores de cuidado ambiental, evidenciando el impacto de las actividades relacionadas con la industria petrolera, principalmente la extracción y distribución, donde, además, se localizan las pesquerías de camarón y escama más importantes del golfo de México. Los organismos costeros y marinos destinados al consumo humano, como son los moluscos del grupo de los ostiones, presentan niveles elevados de este contaminante. Es necesario establecer un proceso regular para evaluar continuamente este grupo de sustancias persistentes en los ambientes costeros y marinos, para manejar adecuadamente los residuos generados por estas actividades y evitar introducirlos a través de la cadena alimentaria, evitando con ello problemas ecológicos y de salud humana irreversibles.

En el caso de los contaminantes orgánicos que ingresan a la zona costera por las actividades agrícolas y portuarias, sobresalen las concentraciones del hexaclorobenceno y de los hidrocarburos aromáticos. Estos últimos presentan concentraciones elevadas en Santa María (3 520 ng/g) y Altata-Ensenada del Pabellón (1 820 ng/g) en Sinaloa (Páez-Osuna *et al.*, 2002). En general la costa del Pacífico mexicano experimenta una contaminación de baja a moderada a lo largo del litoral peninsular del golfo de California, mientras que de Nayarit a Chiapas aún se reconocen extensas zonas con bajo impacto humano, sin embargo, existen varios sitios localizados que manifiestan impactos diversos y significativos, los cuales se pueden considerar sitios críticos y que requieren ser atendidos sin demora, dada la necesidad de generar estudios integrales sobre la contaminación y manejo de los recursos costeros, así como la implementación de acciones coordinadas de conservación y protección de esos recursos costeros.

Excesivos nutrimentos vertidos a la zona costera

Aunque el nitrógeno (N) es un componente esencial para la vida, al ser utilizado por productores primarios (algas y pastos marinos), los aportes de N hacia los cuerpos de agua costeros han ido en aumento. Este hecho afecta críticamente al ambiente, por sus efectos ecológicos negativos en el corto y largo plazo, debido al proceso denominado eutrofización. El aporte excesivo de N y P a las aguas costeras por los desarrollos turísticos y portuarios, la expansión e intensificación de la agricultura con su aumento en el empleo de fertilizantes, la producción de animales de crianza como la ganadería (bovino, porcino, ovinos y aves) y la acuicultura (principalmente de camarón), las actividades industriales relacionadas con el procesamiento de alimentos, y la quema de combustibles, son las principales fuentes emisoras de N a los ecosistemas costeros. En México los problemas por eutrofización se han reportado en el golfo de México y en el océano Pacífico. Los aportes de N en la zona costera de la región del golfo de California incrementan la frecuencia e intensidad de florecimientos macroalgales y microalgales que, por su toxicidad al hombre, se conocen como mareas rojas (Soto-Jiménez *et al.*, 2003). La descomposición de las agregaciones algales demanda oxígeno disuelto, resultando en condiciones de hipoxia que conlleva a la mortandad de peces, dañando seriamente a las pesquerías locales. En virtud de que la intensidad de los eventos de mareas rojas es cada vez más frecuente y mayor, es urgente tomar medidas preventivas, implementando plantas de tratamiento secundario y terciario que eviten verter las aguas enriquecidas en nutrimentos. En el golfo de California se concentra la mayor infraestructura acuícola del país, con 70 000 ha de estanquería camarónica en operación, siendo Sinaloa y Sonora los estados líderes. Los efectos ambientales relacionados con esta y otras actividades en la región del golfo de California, incluyen el deterioro de la calidad del agua, la contaminación de acuíferos, la alteración del patrón hidrológico y la contaminación biológica de las poblaciones silvestres. El impacto de las descargas procedentes de la acuicultura, en el contexto regional, ha sido estimado a partir de los flujos de nitrógeno y fósforo derivados de las diferentes actividades. En el golfo el aporte proce-

dente de la acuicultura resultó ser de 1.7 y 3.1 % del total de fósforo y nitrógeno; por la agricultura solamente 54.9 y 57.7 %, mientras que el aporte de nutrientes por las aguas municipales fue de 3.6 y 4.1 %, respectivamente (Páez-Osuna *et al.*, 1999). Aquí lo más importante es destacar que la carga excesiva de nutrimentos altera la calidad del agua y conlleva a florecimientos de algas tóxicas con la consecuente reducción del oxígeno disuelto (véase figura 1).



Fuente: Imágenes de SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center, and Orbimage.

Figura 1. Imagen que presenta un florecimiento fitoplanctónico en progreso, que cubre prácticamente la mitad del golfo de California, registrado el 6 de octubre de 2001, y su comparativo, sin el evento, el 30 de noviembre de 2003.

Los tratamientos para la remoción de nutrientes son prácticamente inexistentes, sólo son mitigados perdiéndose por procesos naturales, a costa de la alteración del equilibrio ecológico de los ambientes costeros. En los próximos años se espera un crecimiento de la población, y con

ello la expansión de las actividades de producción de alimentos y de biocombustibles en el país, por lo que los efectos dañinos a los ecosistemas costeros se incrementarán. Los estudios existentes son escasos, por la complejidad y reto tecnológico al presentarse las múltiples fuentes de N con descargas difusas, haciendo difícil cuantificar los aportes, distinguir las fuentes y evaluar sus efectos en los ecosistemas.

La pérdida de hábitats valiosos

Casi 40 % de la población vive en la estrecha franja de la zona costera, que abarca sólo 8 % del área del territorio nacional. No obstante la reducida cobertura, el desarrollo acelerado de esta zona en actividades portuarias, acuícolas, turismo, crecimiento urbano e industrial ha conllevado la pérdida y fragmentación de hábitats valiosos como los humedales y bosques de manglar, que dan protección contra las inundaciones durante las tormentas. Esta pérdida tiene consecuencias en la diversidad biológica e impactos negativos sobre los asentamientos humanos a través de riesgos, cada vez mayores, de inundación y erosión. La presión de esta destrucción tiene efectos directos e indirectos sobre el ambiente marino. Diversas actividades humanas y procesos naturales afectan simultáneamente a los mismos componentes del ecosistema, interactuando y dando lugar a efectos acumulativos que reducen la diversidad y, por consiguiente, los servicios que proveen los mares a la vida, a la salud y a la economía del país.

La investigación científica tiene una capacidad limitada, a nivel tecnológico, para detectar tanto los efectos indirectos como los acumulativos, especialmente porque la respuesta a estos cambios no es siempre lineal y tiende a manifestarse con cierto retraso en tiempo. La consecuencia de la ausencia de linealidad en la respuesta a la pérdida del hábitat y el efecto retrasado en los cambios, dificultan la capacidad de predicción. La continua degradación ambiental requiere de una respuesta inmediata, del reconocimiento de prioridades en las acciones que es necesario realizar y de respuestas para dirigir actividades que permitan preservar la integridad de los ecosistemas.

La biorremediación como una herramienta valiosa

Antes de buscar y aplicar técnicas para remediar la contaminación debe realizarse una evaluación ambiental del sitio contaminado. El conjunto de técnicas que se utilizan para limpiar los ecosistemas contaminados ha sido tarea de los centros de investigación, empresas privadas y entidades gubernamentales. Las técnicas de remediación ambiental son denominadas *in situ* si se aplican directamente en el sitio contaminado, pero si es necesario remover el suelo o agua contaminada de la localidad y llevar a cabo un tratamiento posterior del material en otra zona, se conoce como remediación *ex situ*. Por décadas se realizó la simple transferencia del material contaminado hacia regiones donde, aparentemente, sería menos dañino (por ejemplo, depósitos radiactivos y rellenos sanitarios). Actualmente, para disminuir la toxicidad y disponibilidad de sustancias peligrosas, se toma ventaja de las propiedades físicas, químicas y biológicas de materiales u organismos que ayudan a la captura y recuperación de contaminantes o a su degradación hacia compuestos menos tóxicos. El uso de organismos para la remediación ambiental es conocido como *biorremediación* y se ha aplicado en la degradación, acumulación o estabilización de los contaminantes durante derrames petroleros accidentales o atrayendo metales. La adición de nutrientes al suelo o al agua, llamada *bioestimulación*, ayuda al crecimiento de microorganismos potencialmente biorremediadores, que están presentes en bajas densidades en el ambiente contaminado. En ocasiones es necesario añadir microorganismos que ayuden a degradar o a acumular y recuperar contaminantes, lo cual se llama *bioaumentación*. El empleo de plantas mayores para estabilizar, degradar, absorber, acumular y volatilizar contaminantes es llamado *fitorremediación*. La selección de la técnica más adecuada es importante para tener éxito en la remediación, requiriendo, en ocasiones, la combinación de técnicas. Después de la limpieza se requiere la implementación de planes de manejo y de regulación de los vertimientos de sustancias tóxicas que garanticen la calidad ambiental y de los recursos (véase figura 2).

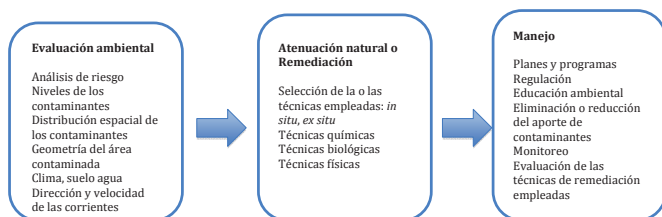


Figura 2. Etapas anterior y posterior a la remediación ambiental.

El papel de la sociedad

Las actividades coordinadas del sector privado, la sociedad civil, el gobierno federal y los gobiernos estatales juegan un papel importante en lograr un desarrollo sostenible del ecosistema marino. Tanto las organizaciones ambientales como las sociedades profesionales han adoptado, recientemente, mecanismos de mercadeo, al aplicar esquemas de certificación y cuotas/permisos comerciales. Las organizaciones industriales han desarrollado estándares propios al ofrecer seguros contra pérdidas en la pesca o pérdidas por tormentas, inundaciones y otros efectos negativos sobre las actividades marinas. La sociedad civil incluye a organizaciones no gubernamentales que representan intereses diversos y cuya actividad consiste en conformar el entendimiento público sobre los temas marinos, campañas que influyen en los políticos y manejadores, en el financiamiento e infraestructura para iniciativas marinas sostenibles y en el apoyo al manejo comunitario. Estas organizaciones incluyen a la investigación científica, la conservación, los grupos de bienestar y de subsidio social.

Actividades requeridas

Del panorama reconocido actualmente en el país, sería deseable implementar un plan de manejo integral de los recursos y servicios costeros y marinos, asegurando el saneamiento de las zonas costeras a nivel nacional, promoviendo el uso sostenible y la conservación de

los sitios vulnerables y críticos. Lo anterior es imperioso, dado el evidente vínculo ecológico-económico existente. Es necesario reforzar los convenios de colaboración entre la industria y la investigación científica, estimulando la colaboración entre participantes con intereses económicos y entre disciplinas diferentes en escalas y niveles distintos. Lo anterior resulta fundamental para crear sinergias que permitan el uso óptimo del mejor conocimiento técnico y científico, la formación de los recursos humanos y la infraestructura existente para beneficio del desarrollo económico futuro del país. Para ello es necesario sensibilizar y comunicar la importancia de evaluar permanentemente el estado de la salud de los mares, para el bienestar social y el mejoramiento de la economía nacional.

Actividades complementarias

1. Enlista los principales desechos con nitrógeno producidos en el lugar donde vives.
2. ¿Qué efectos metabólicos en humanos conoces, relacionados con contaminantes como mercurio, organoclorados y bifenilos policlorinados?
3. Elabora un mapa de las rutas navieras, zonas de extracción y refinación de crudo y puertos. Identifica en el mapa aquellas localidades donde existe mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes marítimos y entrada permanente de residuos de mezclas oleosas.

Páginas de internet recomendadas

<<http://www.biorremediacion.org/bio.php>>.

<<http://www.golfo-de-mexico.org/documentos.htm>>.

<<http://www.fte-energia.org/pdf/e85-52-59.pdf>>.

<http://siscope.ine.gob.mx/descargas/diagnos/diag_bifenilos_policlorados_en_mexico.pdf>.

Eutrofización

● MARTÍN MERINO IBARRA
PATRICIA M. VALDESPINO
EMILIANO MONROY RÍOS
JORGE RAMÍREZ ZIEROLD

El problema ambiental de origen antropogénico que más comúnmente se presenta en los cuerpos de agua, tanto epicontinentales como costeros, es la eutrofización. Esta alteración puede describirse, de manera simplificada, como la sobre-fertilización de los sistemas acuáticos con nutrientes (principalmente compuestos con nitrógeno y fósforo) y/o materia orgánica que es rica en dichos nutrientes.

Cierta cantidad de estos “fertilizantes” es esencial para la salud del fitoplancton-algas y otros microorganismos fotosintetizadores que forman la base de la mayoría de las redes tróficas en los sistemas acuáticos (Mee, 2006), sin embargo, la alta disponibilidad de nutrientes en aguas iluminadas ocasiona crecimientos rápidos y masivos de algas, lo que conlleva efectos indeseables en los ecosistemas. El agua de los sistemas eutróficos se torna de color verde o café, se forman capas espesas de algas con olores desagradables, que sombrean y limitan el crecimiento de otras especies, como las plantas que viven en el fondo.

A diferencia de los sistemas terrestres —donde en general se valora positivamente una mayor productividad biológica— en los sistemas acuáticos, al aumentar la productividad, eventualmente se presentan florecimientos de organismos tóxicos, como algunas cianobacterias en las aguas continentales y las mareas rojas en las aguas marinas. Las toxinas protegen a los organismos que las producen, pero limitan el flujo de energía hacia otros niveles tróficos, por lo que no se obtiene un beneficio proporcional en la producción pesquera. La bioacumulación de estas toxinas incrementa el riesgo de mortalidad en niveles tróficos superiores, como los peces, y problemas sanitarios en las poblaciones humanas que los consumen.

Otra consecuencia grave de la eutrofización es el agotamiento del oxígeno en el medio acuático. Las grandes cantidades de algas que se producen en los sistemas eutrofizados mueren en intervalos de tiempo relativamente cortos, y son degradadas y remineralizadas continuamente por la comunidad bacteriana; ese proceso consume oxígeno de forma proporcional a la cantidad de materia orgánica producida. En el medio terrestre, donde hay una atmósfera que contiene 21 % de ese gas, lo único que sucede cuando hay una alta cantidad de materia orgánica en descomposición es que huele mal, pero en el acuático, el oxígeno se presenta en cantidades cuarenta veces menores (Merino *et al.*, 2005) y su suministro está limitado físicamente.

Excepto cuando son muy someros, los cuerpos de agua suelen estratificarse térmicamente durante parte del año, lo cual limita la mezcla y el flujo de oxígeno hacia las partes más profundas, por ello, la capa inferior —conocida como hipolimnion— de los cuerpos de agua eutróficos suele volverse anóxica, al agotarse totalmente el oxígeno. Cuando la falta de oxígeno se extiende a todo el cuerpo de agua, se presentan mortandades masivas de peces y de otros organismos, en función de lo cual, se ha propuesto que un sistema alcanza una “eutrofización crítica” cuando se rebasa la capacidad del sistema de reponer su oxígeno, tanto por procesos biológicos como físicos (Mee, 1988).

Adicionalmente, al agotarse el oxígeno se vuelve más lenta la degradación de la materia orgánica, por lo que entran en acción otros oxidantes como el nitrato y el sulfato. Se produce entonces sulfuro de hidrógeno, con su característico olor a huevos podridos. Entre otros efectos negativos sobre el atractivo del paisaje está el aumento en la turbidez del agua.

Debido a la ubicuidad de las descargas orgánicas producidas por las poblaciones humanas, la eutrofización afecta a la gran mayoría de los lagos, embalses y ríos del mundo. En México tres cuartas partes de las aguas continentales del país están parcial o gravemente afectadas por ella. El efecto de la eutrofización se agrava en México por la desigual distribución del agua dulce y de la población; mientras la mayor parte de la población se ubica en el centro y norte del territorio, la disponibilidad de agua es mayor en el sureste.

En las costas, tanto de México como de otras partes del mundo, la eutrofización afecta también a muchas bahías y lagunas costeras, como es el caso de las lagunas Bojórquez y Nichupté en Cancún (Reyes y Merino, 1991). Aunque en el océano abierto, por sus dimensiones, las alteraciones tróficas aún no son evidentes, en muchas áreas costeras y mares semicerrados, la eutrofización es ya un problema ecológico y económico grave. El Mar Negro es un ejemplo de la catástrofe ecológica y humana que pueden representar los efectos de la eutrofización (Mee, 2006). Otra área crítica es la llamada “Zona Muerta” del norte del golfo de México, donde las descargas del río Mississippi producen, durante el verano, una extensa zona anóxica.

Afortunadamente, debido a la ocurrencia de procesos de eutrofización, desde tiempo atrás se ha confirmado la factibilidad de recuperación de sistemas eutrofizados; sin embargo, para ello se requiere de esfuerzos y estrategias sostenidas y bien planificadas. Las acciones mínimas incluyen la reducción de las descargas de nutrientes hacia los cuerpos de agua y las zonas costeras, lo cual implica cambios importantes en las prácticas agrícolas y el tratamiento de las aguas residuales, para lo que se requiere de la acción concertada de los gobiernos y de la sociedad. Resulta indispensable iniciar cuanto antes estos esfuerzos, debido a que la recuperación de los ecosistemas puede requerir de periodos de tiempo largos, por la acumulación de nutrientes en los sistemas asociados (como los suelos, los sedimentos y los mantos freáticos), y por la lentitud de la reconstitución de la estructura de las comunidades biológicas.

Estudio de caso

El embalse de Valle de Bravo, México

Es el más importante del Sistema Cutzamala, el cual provee 30 % del agua requerida en la zona metropolitana del valle de México. Debido a la falta de manejo adecuado de los residuos del desarrollo agrícola, piscícola y turístico, grandes cantidades de nutrientes se vierten al embalse a través de ríos y drenajes. Valle de Bravo funciona como un lago cálido monomítico (mono = uno, mixis = mezcla),

Continúa

Continuación

que naturalmente se mezcla sólo en el invierno (cuando se homogeneiza y oxigena la totalidad de la columna de agua). De marzo a septiembre el embalse permanece estratificado; periodo en que se agota el oxígeno en la capa profunda (hipolimnion). En condiciones de anoxia, los organismos superiores, como peces e invertebrados no pueden vivir.

La figura 1 muestra la variación del oxígeno disuelto en profundidad y en el tiempo en el embalse de Valle de Bravo durante 2001-2002.

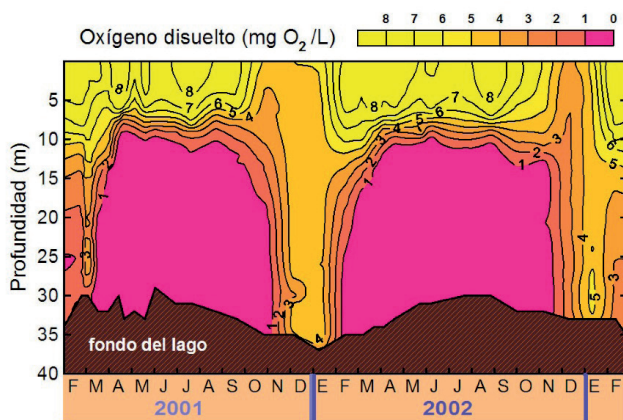


Figura 1. Variación del oxígeno disuelto en profundidad y en el tiempo en el embalse de Valle de Bravo durante 2001-2002.

Actividades complementarias (a realizar mediante consulta en red)

1. Identificar los parámetros útiles para definir el estado trófico de los sistemas acuáticos, así como los sistemas de clasificación. Establecer los límites que definen a los sistemas oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipertróficos.
2. ¿Qué sistema se utiliza en México para determinar el estado trófico de los cuerpos de agua?

Bibliografía

- ACURIO, Guido *et al.*, *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. 2ª. ed. México, BID y OPS, 1998.
- ALATORRE M., N., *Estudio de las relaciones entre las condiciones meteorológicas y la distribución vertical del ozono en la troposfera de la ciudad de México*. México, Tesis. UNAM, 2002.
- BECERRA M., A. *Escorrentía, erosión y conservación de suelos*. Chapingo, México Universidad Autónoma de Chapingo, 2005.
- BRAVO A., H., *La contaminación del aire en México*. México, Universo Veintiuno, 1987.
- BRAVO, A. H. y J. R. Torres, *Ozone monitoring and night concentrations events at the campus of the University of Mexico, for presentation at the 78th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association*. Detroit, Michigan, Estados Unidos de América, 1985.
- BRAVO, A. H. y J. R. Torres, *Perspectivas científicas del problema de la contaminación atmosférica fotoquímica de la zona metropolitana de la ciudad de México: revisión histórica, seminario de aire y política: acuerdos y desacuerdos en torno a la contaminación atmosférica de la ciudad de México*. México, El Colegio de México, 1997.
- CADENAS DE LL., F. López, *La ingeniería en los procesos de desertificación*. Madrid, Grupo TRAGSA, Ediciones Mundiprensa, 2003.
- CARAVIAS, J. y Landa, R., *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. México, UNAM / El Colegio de México, A.C. / Fundación Gonzalo Río Arronte, 2005.
- COLL A., M. T. Sánchez y J. Morales, coords., *La minería en México. Geografía, historia, economía y medio ambiente*. México, Instituto de Geografía, UNAM, 2002.
- CONABIO, *Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México, Conabio, 2006.
- CONAGUA, *Estadísticas del Agua en México*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008.

CONAGUA, *Estadísticas del agua en México*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010.

CONAZA, *Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD- México)*. México, Conaza, Sedesol, 1994.

DÍAZ, L. F. *et al.*, *Solid Waste Management in Economically Developing Countries*. Dinamarca, ISWA, 1996.

ESTRADA B. W. J. *et al.*, *La desertificación en el Altiplano Mexicano*. México, Universidad Autónoma de Chapingo / Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1999.

FAO-PNUMA-UNESCO, *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Roma, FAO-PNUMA, 1980.

GARCÍA S., J. J. *et al.*, “Alteraciones electroneuromiográficas en pacientes con hidroarsenicismo crónico regional endémico en la Comarca Lagunera”, en *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, vol. 15, núm. 3 y 4, julio-diciembre 2003.

INE-SEMARNAT, México, *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, 2006.

ILINÁ, A. *et al.*, “Biosorción de Arsénico en Materiales Derivados de Maracuyá”, en *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea], vol. 25, núm 4, 2009. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992009000400001&script=sci_arttext>.

MA, *Ecosistemas y bienestar humano: el marco de la evaluación* [en línea]. Washington, Evaluación del Milenio, Island Press, 2005. <<http://www.millenniumassessment.org/es/Framework.aspx>>.

MEE, L. D., “A definition of ‘critical eutrophication’ in the marine environment”, en *Rev. Biol. Trop.*, vol. 36 núm. 1, 1988.

MEE, L. D., “Reviving dead zones”, en *Scientific American*, vol. 295, núm. 5, 2006.

MERINO M. y A. Monreal, *Ocean Currents and their Impact on Marine Life*, en *Marine Ecology*, en C. M. Duarte ed., *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)* [en línea]. Reino Unido, UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, 2004. <<http://www.eolss.net>>.

MERINO, M. *et al.*, “¿Qué pasa con el oxígeno?”, en *Boletín del Patronato Pro-Valle de Bravo*, vol. 3, núms. 4-6. México, 2005.

- MOLINA, J. M. *Las Fuerzas Rectoras de la Contaminación del Aire en la Ciudad de México, Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010*. Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- MUJICA Á., V. y J. de J. Figueroa L., *Contaminación Ambiental, Causas y Control*. México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1996.
- NORANDI, M. “Tlamacazapa, un pueblo que bebe arsénico”, en *La Jornada*, ed. especial Agua. México, 2005.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-ECOL-2001, “Protección ambiental, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, Lista de especies en riesgo”, en *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo, 2002.
- PÁEZ, O. F., Guerrero G., S. R., A. C. Ruiz F., “Discharge of nutrients from shrimp farming to the Gulf of California”, en *Marine Pollution Bulletin*, vol. 38 núm. 7, 1999.
- PÁEZ, O. F. *et al.*, “Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBs, HCB) and total PAHs in mangrove oysters from the Pacific coast of Mexico: An overview”, en *Marine Pollution Bulletin*, núm. 44, 2002.
- PÁEZ, O. F. *et al.*, “Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion”, en *Marine Pollution Bulletin*, núm. 46, 2003.
- PALACIO P., J. L. *et al.*, *Indicadores para la Caracterización y Ordenamiento del Territorio. Indicadores del Subsistema Natural*. México, UNAM, Sedesol, Semarnat, INE, 2004. .
- PNUMA-SEMARNAT, *Perspectivas del medio ambiente en México (GEO México 2004)*. México, 2004.
- REYES, E. y M. Merino, “Diel dissolved oxygen dynamics and eutrophication in a shallow well-mixed tropical lagoon (Cancún, México)”, en *Estuaries*, vol. 14 núm. 4, 1991.
- ROMERO, R. J. A., *Calidad del agua*. Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.
- QUINTANA, O. M., “El Agua y su Manejo”, en A. Rodríguez M. ed., *Geografía del medio ambiente. Una alternativa del ordenamiento*

- ecológico*. México Universidad Autónoma del Estado de México, 1994.
- RUIZ-F.A. C. *et al.*, "Trace metals (Cd, Cu, Hg and Pb) accumulation recorded in the intertidal mudflat sediments of three coastal lagoons in the Gulf of California, Mexico", en *Estuaries and Coasts*, núm. 32, 2009.
- SÁNCHEZ, Á. y M. T. Sánchez, "Reflexiones sobre los impactos físicos y socioeconómicos de las instalaciones mineras en México", en *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, núm. especial. México, UNAM, 1993.
- SÁNCHEZ R., M., *Población y ambiente*. México, UNAM, 2005.
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, *Inventario de emisiones de la zona metropolitana del valle de México 2004*. México, SMA-GDF, 2006.
- SEINFELD J. H. y Pandis S. N., *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. Nueva York, Wiley-Interscience, 1998.
- SEDESOL, Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. México, 2005
- SEMARNAP, *Estadísticas del medio ambiente*. México, 1997.
- SEMARNAT, *Informe de la situación del medio ambiente en México. 2002* [en línea]. México, Dirección General de Estadística e Información Ambiental, 2002. <http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/index.htm>.
- SEMARNAT, *Residuos*. México, 2006.
- SEMARNAT, *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. México, 2007.
- TCHOBANOGLIOUS, G., H. Theisen y S. A. Vigil, *Integrated solid waste management*. Michigan, McGraw Hill, 1993.
- TOLEDO, V. J. *et al.*, *La producción rural en México: Alternativas ecológicas*. México, Fundación Universo Siglo Veintiuno, 1989.
- SOTO J., M. F., O. F. Páez y L. H. Bójorquez, "Nutrient cycling at the sediment-water interface and sediments at Chiricahueto marsh: a subtropical ecosystem associated with agricultural land uses", en *Water Research*, núm. 37, 2003.

- VÁZQUEZ BOTELLO, A. *et al.*, *Golfo de México contaminación e impacto ambiental. Diagnostico y tendencias*. Veracruz, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México / Instituto Nacional de Ecología- Semarnat / Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / Universidad Itsmo América / Gobierno del Estado de Veracruz-COEPA / Ayuntamiento de Coatzacoalcos, 1992.
- VÁZQUEZ, B. A., F. S. Villanueva y H. L. Rosales, “Distribución y contaminación de metales en el golfo de México”, vol. 2, en M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra, eds., *Diagnóstico ambiental del golfo de México*. México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales INE, Harte Research Institute, 2004.

Unidad 4

CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

Interacción hombre-naturaleza: los inicios

● JOSÉ MANUEL ESPINOZA RODRÍGUEZ
LETICIA GÓMEZ MENDOZA
ENRIQUE MUÑOZ LÓPEZ
CLAUDIA AGUILAR ZÚÑIGA

El hombre es el principal factor de cambio en el planeta Tierra, es un ser biológico cuya inteligencia y lenguaje articulado le han permitido adaptarse al medio natural, transformándolo en forma excepcional y, en muchos casos, de manera drástica y permanente, a diferencia del resto de las especies biológicas. El tiempo transcurrido a partir de la organización y adaptación de los antecesores del hombre moderno, desde que apareció en África Oriental, ha sido de tan sólo cinco millones de años, siendo su antecesor un homínido que caminaba erecto (Edey, 1994), sin embargo, se sabe que hace entre ocho y catorce millones de años existieron otros primates del género *Ramapithecus* de los que probablemente derivó el linaje de los humanos, aunque algunos científicos consideran que, con más probabilidad, estos primates eran ascendientes del orangután (*idem*). Actualmente se acepta que los homínidos se clasifican en dos géneros: el *Australopithecus* y el *Homo*, ambos claramente diferenciados. El género *Australopithecus* comprendía dos subespecies robustas y una grácil, que vivieron hace entre tres y cuatro millones de años. Dentro del género *Homo*, que data de hace entre dos y 1.6 millones de años, se admiten tres especies: *H. hábilis*, *H. erectus* y *H. sapiens*, fósiles las dos primeras y viviente la tercera (Edey, *op. cit.*, Childe, 1986). Es conveniente destacar que, de esta última especie, una vertiente, el *Homo sapiens neandertalensis* (identificado por algunos especialistas como una especie propia) desapareció en tiempos históricos, sobreviviendo únicamente la subespecie *H. sapiens sapiens*. Considerando esta genealogía como válida, lo que procede es preguntarse: ¿cómo y cuáles fueron los mecanismos del proceso evolutivo que llevaron a los ancestros a la actual civilización humana? Para contestar esta pregunta se debe uno remontar a África Oriental, Europa

y Medio Oriente, hace entre dos y cinco millones de años, periodo en que inició la existencia de la especie humana en el Viejo Mundo.

En primera instancia, se debe reconocer que la capacidad de dispersión, adaptación y transformación del ser humano ha sido el hecho más trascendente en la historia reciente de la Tierra, en virtud de que el medio natural registró severos cambios, en algunos casos de manera drástica e irreversible. A partir de esta premisa pueden mencionarse los siguientes aspectos: el primero es que los antecesores del hombre moderno que habitaron las regiones mencionadas poseían una inteligencia diferente de conciencia de sí mismos y un lenguaje articulado. Estas características hacen distintiva a la especie humana del resto de las especies animales que pueblan el planeta. La inteligencia, en este contexto, se refiere a una serie de procesos cognitivos elevados, no instintivos, que sólo funcionalmente se pueden considerar superiores al del resto de los animales (Edey, *op. cit.*) Esos estados mentales no instintivos son los que dan al hombre la posibilidad de entender su propia existencia en el entorno que se ubica y, consecuentemente, adquirió un acto de conciencia que se tradujo en un poder de invención innato que provino de algún cambio evolutivo en el cerebro homínido (*idem*), aunque, a la fecha, no se sabe exactamente cuál fue el que lo desencadenó y cómo ocurrió dicho cambio.

La capacidad de invención fue la clave para desarrollar, por los hombres recolectores y cazadores, diferentes habilidades manuales para fabricar artefactos como hachas y cuchillos de piedra, arcos y lanzas de madera, emplear ligamentos de animales y piedra, y cerámicas de diferentes formas hechas de arcilla, que habrían de servir para facilitar el trabajo de búsqueda de comida, ya que, hasta ese momento, los cazadores y recolectores no podían producir sus propios alimentos. La elaboración de todas estas herramientas y el supuesto manejo de las mismas permiten intuir el grado de inteligencia que tenía el hombre (*idem*). Es indiscutible que la fabricación y utilización de herramientas fue una revolución para la especie humana, porque favoreció el trabajo en equipo entre los hombres para hacer las tareas de recolección y caza en una sociedad incipiente (*idem*). A partir de aquí se puede inferir que los hombres acumularon experiencias sobre qué es lo que tenían que considerar como recurso y cómo organizarse para obtenerlo y re-

partirlo entre todos los miembros del grupo. Los hombres recolectores de alimentos fueron selectivos y la selectividad involucra una acumulación de conocimientos que son representados en una palabra, aprendizaje; sin embargo, estos hombres recolectores no solamente aprendieron, sino que enseñaron lo aprendido a sus descendientes a través de diferentes métodos y técnicas de aprendizaje basados en la experiencia (*idem*). Derivado de esta misma experiencia se puede advertir que el lenguaje es un dato referido indirectamente por los diferentes artefactos encontrados en distintos lugares y en distintos tiempos por el género *Homo*. Existen también teorías que suponen que los recolectores eran hombres solitarios o grupos que se entendían a través de sonidos o expresiones corporales (Edey, *op. cit.*, Childe, *op. cit.*) Ésa es una de las hipótesis, sin embargo, todo apunta a que la transmisión del conocimiento fue por medio de pinturas, al menos en un principio (Redman, 1990).

Otro hecho de gran magnitud, además de la fabricación de herramientas, fue la dominación del fuego, que representó, además, un elemento de poder. Lo sorprendente es el grado de inteligencia que desarrolló el hombre para saber lo que podía hacer con él. Con la utilización del fuego tuvo acceso a fuentes de alimento que antes estaban fuera de su alcance y pudo explorar y habitar lugares a los que antes no podía llegar, lo cual probablemente originó los movimientos migratorios. Por lo general se reconoce un origen africano del hombre, con una posterior dispersión hacia el Medio Oriente y, a partir de allí, a Europa y a Asia, a través de flujos migratorios costeros desde África hasta Europa y Asia, apoyándose en las herramientas y el fuego para dicha dispersión y colonización, sin embargo, incluso con dichas capacidades, había un condicionamiento a lo que el medio natural podía proporcionarle al ser humano, aunque para ello tuvo que desarrollar una cosmovisión diferente, de acuerdo con la naturaleza de las regiones que alcanzaba y conquistaba eventualmente. Conforme los grupos humanos agotaban los recursos de las regiones alcanzadas se generaban nuevos movimientos migratorios y, por tanto, el avance de la especie humana hacia ambientes desconocidos y, muy comúnmente, adversos. Es importante destacar que, en todos los casos, estos grupos humanos cazadores muestran una “organización social” mucho más compleja

que la de los animales, incluidos los depredadores con los que seguramente compitió por presas y, probablemente, incluso por carroña. Aunque la competencia entre especies representó una desventaja inicial para el hombre, el uso de herramientas y el control del fuego fueron los elementos que, a la postre, le permitirían desplazar en su nicho ecológico a otros depredadores; de esta manera, el hombre se transformó en una especie biológica con capacidad de dominar al medio natural, al tener acceso, de manera ventajosa, sobre los recursos requeridos, para iniciar un círculo virtuoso tecnología-desarrollo-apropiación-tecnología.

La siguiente revolución del hombre fue cuando aprendió a producir sus propios alimentos, transformando los elementos del medio natural que le eran útiles para tal efecto (Redman, 1990). Gracias a ello se inició la domesticación de especies silvestres claves como el trigo y la cebada (o el maíz —en un tiempo histórico análogo, pero no en sincronía— en Mesoamérica), con lo cual, aunado a otro hito en la historia de la humanidad que fue la domesticación de algunos animales, se empezaron a generar excedentes que le dieron cierta autonomía y seguridad de abastecimiento, sin una necesidad forzosa de migrar. Para lograr este siguiente paso en la historia de la conquista del entorno del ser humano —el sedentarismo— se requirió lograr un conocimiento empírico mediante la clasificación y la selección de especies vegetales (Childe, *op. cit.*) A través de la observación y experimentación prolongada del cultivo de dichas especies en diferentes lugares y bajo las condiciones ambientales en las que crecían las especies silvestres, el hombre repitió el ciclo de la naturaleza, apropiándose del nicho ecológico de algunas especies para dispersarlas por áreas nuevas que, bajo condiciones normales, no las tendrían. Lo anterior se veía dificultado por la barrera ecológica representada por la especie nativa que estaba siendo substituida, al menos parcialmente; a pesar de ello, el ser humano sembró y cultivó diferentes especies, lo cual le permitió producir sus alimentos sin tener que desplazarse a otro lugar para conseguirlos y, en otro aspecto no menos importante, se inició una relación estrecha del ser humano con diferentes especies vegetales y animales, incorporándolos a su cosmovisión y a una cultura rudimentaria local, que variaría de región en región, de acuerdo con lo que le ofrecían el medio natural y las especies que eran favorecidas. Sin embargo, estos cambios

fueron paulatinos pues, aunque se producían alimentos, la caza y la recolección seguían ocupando un puesto predominante. Es importante mencionar que, actualmente, subsisten algunas sociedades cazadoras y recolectoras, las cuales se enfrentan cada vez más a un problema creciente de sobreexplotación de los ecosistemas y a una capacidad cada vez más limitada de obtención de sus satisfactores. Hay que destacar que con la apropiación de un territorio y sus recursos, la estructura social se vuelve cada vez más compleja, por ejemplo, existen cultivos que demandan la labor de cierta cantidad de hombres, como el del trigo, pero que permiten la posibilidad de abandonarlos en cierto tiempo para la realización de diferentes tareas, y hay otros que no disponen de tiempo, como el arroz, que se tiene que trabajar desde el cultivo hasta la cosecha. Esto implica, en cierta forma, la organización de los grupos humanos en cuanto al tiempo destinado al trabajo agrícola y a otras actividades como la del pastoreo, la recolección y la caza; es decir, el inicio de una incipiente división o especialización del trabajo. Otro aspecto inherente al nivel de complejidad de la estructura social es la acumulación y producción de lo que se obtenía de la cosecha (*idem*). Una acumulación de excedentes de la producción indica, en primera instancia, una administración económica con un centro definido de control de un grupo social y, en segunda, la influencia que ésta tiene en la población; es decir, entre más excedentes de la producción haya, mayor es la cantidad disponible de comida, lo cual genera un aumento de la población. Es de suponer que esta situación fue la que se dio con los recolectores cuando tenían bastante comida, su número de hombres crecía, pero cuando ésta se agotaba, tenían que migrar en grupos, situación que no se presentaba en el caso de los productores sedentarios. Cabe señalar que no siempre fue así, ya que varios grupos productores de alimentos tenían periodos migratorios, y a ellos se les atribuye la comercialización o el intercambio de mercancías (trueque). Además, el hombre no sólo controló la reproducción de las especies vegetales de su interés, sino que también lo hizo con los animales. Los hombres productores se enfrentaron con periodos climáticos de sequía, que los obligaban a desplazarse a lugares donde se acumulaba el agua, al igual que lo hacían los animales silvestres, quienes utilizaban el instinto como medio de detección de dicho elemento,

lo cual establecía una diferencia que no favorecía precisamente al hombre. Fue en esos contactos donde el hombre pudo observar, analizar, comprender y valorar cuáles especies podía cazar y en qué momento, e identificar las especies viables para ser domesticadas, experimentación que constituyó, con seguridad, fuertes estímulos para el cerebro (Edey, *op. cit.*) De esta manera, las diferentes sociedades locales incorporaron diversos animales, como el cerdo, la cabra, la oveja y la gallina, obviamente, todo ello en diferentes temporalidades y en diferentes regiones y también, probablemente, bajo situaciones paralelas; con esto complementaron la producción de alimentos, generaron mayores particularidades a la cultura local y se prepararon para una siguiente revolución que los conduciría a los asentamientos con una naturaleza que, posteriormente, se definiría como urbana.

Resulta interesante la detección de las distintas fases de apropiación de la naturaleza por parte del hombre, para dar origen a diferentes sociedades locales con cultura y cosmovisión particulares y, también, cabe destacar la forma paralela en todas las regiones del mundo, en que el ser humano se adaptó a su entorno transformándolo de manera consciente, aunque no siempre eficiente, domesticando diversas especies cuyos centros de origen se ubican en las diferentes regiones biogeográficas —Mesoamérica y el Mediterráneo euroasiático-africano— denominados convencionalmente como Centros Vavílov o centros de acumulación de origen de especies domesticadas (Myers, 1987).

Es importante hacer notar que cuando el hombre fue capaz de organizarse y constituir las primeras sociedades, también sentó las bases para dar origen a la relación sociedad-naturaleza, en la cual aún no se percibían conflictos, ya que todavía no se daba una disminución en los recursos que afectara a esta relación. En la actualidad no se puede decir lo mismo, debido a que durante los diferentes periodos históricos por los que el ser humano ha pasado, esta relación, en un inicio “estable”, se ha ido desequilibrando y hoy se percibe como un conflicto entre la relación sociedad-naturaleza-sociedad, que aumenta en proporción directa con el “desarrollo”.

Un aspecto muy importante es que todas las revoluciones tecnológicas que han tenido lugar en el proceso de “antropización” o transformación del medio natural, ocurrieron en distintas etapas para diferentes

sociedades, algunas veces de manera periódica, perdiéndose, recuperándose y reinventándose los conocimientos que conllevaron, por lo cual, los de fechas anteriores a 3000 a. C. se basan en meras conjeturas que continuamente se están precisando o modificando (Childe, *op. cit.*) En función de ello, lo que procede destacar es el proceso de transformación del entorno por parte de la “sociedad”, considerada de manera genérica para los diferentes focos de civilización en el mundo, básicamente el Medio Oriente, Mesoamérica y el Altiplano Andino.

Amenazas actuales al medio ambiente y biodiversidad

De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés), la pérdida de la biodiversidad se encuentra asociada a varios procesos que tienen que ver con el cambio ambiental relacionado con la provisión y demanda de alimentos, de agua y de recursos forestales y con el cambio climático, y se manifiesta en procesos como: alteraciones en la habitabilidad y cambios en la transpiración y el albedo ocasionados por el cambio climático o pérdidas del hábitat por la demanda de alimentos, aspectos que, a su vez, ocasionan pérdidas de la diversidad genética y fragmentación agrícola y ganadera, debido a la deforestación, reduciendo la resistencia y resiliencia de las especies (MEA, 2005).

La biodiversidad en el mundo y en México

La biodiversidad o diversidad biológica es la variabilidad de organismos de cualquier fuente incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Conabio, 2006). Esta biodiversidad es resultado de miles de millones de años de evolución; a la fecha se cree que existen entre 1.7 y 2 millones de especies en el planeta y, constantemente, se están descubriendo más. Se puede decir que los científicos sólo han descrito entre 6 y 28 % de la diversidad mundial (Semarnat, 2008). Por

otra parte, los niveles en los que se estudia la biodiversidad: ecosistemas, especies y genes, no son independientes; en el nivel de genes, cada individuo posee un código genético, lo que da origen a la diversidad de individuos que conforman la diversidad de especies de una región determinada. La diversidad genética ha sido aprovechada por el hombre para la obtención de variedades de alimentos que existen actualmente. En el mundo 70 % de la biodiversidad del planeta se concentra en cerca de 200 países (véase figura 1).



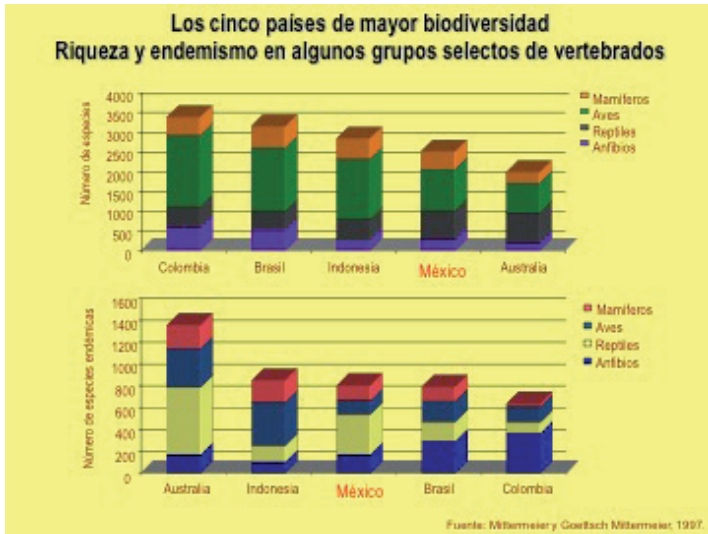
Fuente. Mittermeier y Goettsch 1997 y Fowley y Mooney 1990.

Figura 1. Países megadiversos y centros de origen de las plantas cultivadas.

México es uno de los países con mayor diversidad biológica gracias a la complejidad de sus sistemas montañosos, a su variedad de climas y la mezcla, en su territorio, de dos importantes zonas biogeográficas; la Neártica y la Neotropical. Todo esto ha dado origen a una gran cantidad de endemismos; por ejemplo, 77 % de las cactáceas del país son endémicas, así como 47 % de sus anfibios y reptiles, y es además sitio de origen de cultivos de importancia como el maíz, el frijol y el chile. México ocupa un lugar importante en la diversidad biológica mundial (véase gráfica 1); se estima que posee entre 10 y 12 % de las especies

conocidas. A nivel de Latinoamérica, México posee la mayor diversidad de tipos de vegetación y de sistemas acuáticos; en cuanto al número de anfibios, se encuentra en el cuarto lugar en el mundo, el cuarto lugar en reptiles, el tercero en mamíferos y el quinto en plantas (Conabio, 2006).

GRÁFICA 1. MÉXICO Y SU LUGAR EN LA BIODIVERSIDAD MUNDIAL



Conservación de la naturaleza y servicios ambientales

La conservación de la naturaleza, desde el punto de vista científico, se refiere al aseguramiento de que un amplio número de hábitats y especies lograrán persistir a lo largo del tiempo (Gaston, 1996). Para alcanzar este objetivo, tanto los biólogos como los ecólogos se han encargado de identificar y determinar cuáles sitios cuentan con este rango de diversidad biológica. La identificación de sitios con alta biodiversidad se debe basar en un fuerte sistema regulatorio para la conservación, y conlleva también una evaluación, desde el punto de vista económico, que reconozca a la naturaleza como un bien capaz de contener y generar valor en el mercado. Dicha evaluación económica se obtiene a través de un estudio de costo beneficio, en donde se estudian las pre-

ferencias de la gente. La conservación de la naturaleza también debe tener un marco ético y social (Harrison y Burges, 2000).

Algunos estudios conciben a la naturaleza como un conjunto de varias partes, cada una de ellas debe ser atesorada para el futuro; este tipo de sitios son conocidos como “Reservas de la biodiversidad”. Por otra parte, están las “áreas naturales”, que son separadas de aquéllas por los que ven a la naturaleza como un proceso primario y procesos dramáticos. Asimismo, se pretende adaptar a los parques históricos como sitios para preservar los paisajes culturales y la herencia de la nacionalidad (Engelen *et al.*, 2008). Las reservas naturales tienen sus propias funciones estatutarias: conservación/preservación, investigación, demostración, educación y recreación (Nature Conservancy Council, 1990), y también tienen un uso y existen gracias al valor de sus especies; cada una de las reservas tiene sus propios objetivos, ya que ha sido creada e incluida en ciertas políticas y estructuras económicas particulares. Finalmente, la atracción de la naturaleza reposa en el poder espiritual que ésta posee para sus pobladores (Cooper, 2000).

Los esfuerzos internacionales para disminuir los efectos nocivos al ambiente se han generado desde los últimos 20 años del siglo pasado hasta la fecha, destacando las siguientes convenciones: Convención de la Diversidad Biológica, Convención de Combate a la Desertificación, Convención Ramsar sobre Humedales y Convención de especies migratorias. Estas convenciones, al igual que la MEA (2005), buscan identificar los factores que disminuyen el bienestar humano mediante un esfuerzo conjunto enfocado a los servicios ambientales: provisión (alimentos, agua, fibra, madera, combustible), regulación (control de inundaciones, control de enfermedades), culturales (espirituales, recreacionales y estéticos) y de soporte (polinización y formación de suelos).

A nivel internacional, se ha establecido que, dado el grado de deterioro ambiental actual y en cuanto a la biodiversidad, se debe poner atención en los siguientes puntos clave:

- La biodiversidad contribuye directamente con los servicios ambientales, los cuales constituyen elementos clave para el bienestar humano, incluyendo la seguridad, materias primas, salud, buenas relaciones sociales y libertad de acción y elección. Muchos

grupos humanos se benefician de estos servicios, pero, al mismo tiempo, la pérdida de los ecosistemas se refleja en la disminución del bienestar humano, exacerbando la pobreza de las sociedades.

- El 22 % de la fuerza laboral del mundo está ocupada en actividades agrícolas, en muchos países la explotación de los recursos naturales sigue siendo la principal fuente de ingresos de la población rural.
- La modificación de los servicios ambientales viene seguida de una disminución de otros servicios. Sólo cuatro de los 24 servicios ambientales se han incentivado: cultivos, ganadería, acuicultura y captura del carbono, sin embargo, 15 servicios se han degradado: la pesca, la producción de madera, la provisión y purificación de agua, el tratamiento de basura, la protección contra amenazas naturales, la regulación de la calidad del aire, del clima y de la erosión, entre otros.
- La dificultad para medir el efecto de la pérdida de biodiversidad dificulta también la toma de decisiones para su protección. La afectación de las poblaciones de especies de plantas y animales es importante a nivel nacional, pero lo es más aún a escala local, donde los pobladores dependen del tipo y abundancia de ciertas especies; para compensar esta dificultad se aplica el principio precautorio que garantiza que el costo asociado al cambio de la biodiversidad sea alto para que pueda ser irreversible en el futuro.
- Entre las causas de la pérdida de la biodiversidad están el cambio de uso de suelo, las modificaciones físicas en los ríos y cuerpos de agua, la pérdida de arrecifes de coral, los daños a los mares y al lecho marino, el cambio climático, las especies invasoras, la sobreexplotación de especies y la contaminación.

El Convenio sobre diversidad biológica (CDB)

El CDB se generó bajo importantes premisas como la pérdida de la diversidad biológica por actividades humanas en el mundo, la falta de información y de conocimientos sobre la diversidad biológica y la urgente necesidad de desarrollar capacidades científicas, técnicas e institucio-

nales para lograr un entendimiento básico que permita planificar y aplicar las medidas adecuadas. Éste fue firmado por 152 países en 1992 en el marco de la Cumbre de Río de Janeiro.

Los objetivos del CDB son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta los derechos que se tienen sobre esos recursos y esas tecnologías, así como a un financiamiento apropiado. Lo anterior, considerando que son los propios estados los responsables de la conservación de su diversidad biológica y de la utilización sostenible de sus recursos biológicos. México firmó el convenio desde su inicio, en 1992. Actualmente lo han ratificado 191 países.

Mecanismos y estrategias para la conservación

A nivel internacional existen varios mecanismos y estrategias que, igualmente, han sido aplicadas en México; las más importantes son:

1. *Las áreas protegidas.* Se incluyen aquellas que reciben un manejo por actividades primarias para la protección de la biodiversidad y aquellas que se manejan por un amplio rango de usos sustentables.
2. *Protección de especies.* Algunas especies son recuperadas o protegidas; estas estrategias buscan identificar a las especies amenazadas ya sea por ser capturadas para su comercio ilegal, o porque su hábitat está en peligro.
3. *Conservación ex situ y conservación in situ de la diversidad genética.* La conservación *ex situ* la constituyen principalmente los bancos de germoplasma, en donde se almacenan semillas de especies de importancia biológica o bajo algún estatus de conservación; eventualmente estas semillas se siembran en viveros para garantizar la sobrevivencia de la especie. La conservación *in situ* la constituyen las reservas ecológicas que garantizan la

preservación del material genético en su lugar de origen, disminuyendo las amenazas ambientales a la especie en peligro.

4. *Restauración de ecosistemas.* Ésta incluye acciones para recuperar o restaurar cualquier tipo de ecosistema, como humedales, pastizales naturales, estuarios, arrecifes coralinos y manglares, sin embargo, la restauración conlleva un gasto mayor al de la protección de los ecosistemas naturales, y es muy difícil que toda la biodiversidad y los servicios de un sistema se puedan recuperar.

El uso sustentable de la biodiversidad

El uso sustentable se ha vuelto la principal herramienta para la protección de las especies, sin dejar de lado el manejo de las mismas con el fin de conservar los servicios ecosistémicos locales. El MEA (2005) identifica que, dentro de dichos usos, se encuentran estrategias como:

1. El pago de mercados de servicios ecosistémicos y de biodiversidad, ya que, al mismo tiempo que se conservan las especies, se hace un uso sustentable de ellas, por ejemplo el ecoturismo.
2. Incorporar la conservación de la biodiversidad dentro de las prácticas de manejo de los sectores agrícolas, forestales y pesquerías; esto trae como beneficio un sistema de producción diversificado y efectivo.
3. Captura de beneficios por las comunidades locales; estrategias de respuesta designadas para proveer incentivos para la conservación de la biodiversidad, esto garantiza ganancias para los pobladores ya sea por el manejo de una especie o por el ecoturismo.
4. Comunicación, educación y concientización. Con la educación y los programas de comunicación se informa sobre la importancia de la conservación y se promueven las capacidades humanas e institucionales para evaluar las consecuencias de la pérdida de la biodiversidad.
5. Incrementar la participación de los sectores productivos y las secretarías o ministerios de los países en todas estas estrategias.

6. Eliminar los subsidios que promueven el uso excesivo de los servicios ecosistémicos. Entre 2001 y 2003 se pagaron anualmente 324 billones de dólares en subsidios en el mundo, equivalentes a un tercio del valor de la producción agrícola de 2004.
7. Integración de las estrategias de conservación de la biodiversidad en los planes de desarrollo nacionales. La protección de áreas naturales, la restauración y el mercado de servicios ambientales deben ser considerados de alta prioridad, en respuesta a los conflictos del desarrollo nacional y de las estrategias de reducción de la pobreza.
8. Incrementar la transparencia y credibilidad en las estrategias públicas de conservación, por medio de la instauración de medidas participativas en la toma de decisiones
9. Mayor investigación científica y compilación de datos sobre la biodiversidad y sus amenazas.

Amenazas al medio ambiente en México y estrategias para la conservación

Las amenazas a la biodiversidad en México

Las estimaciones indican que, entre 1990 y 2000, se han perdido entre 348 mil y 776 mil hectáreas por año de selvas y bosques, lo que indica que México ha perdido entre 3.5 y 5.5 millones de hectáreas de superficies con vegetación de conservación. Con respecto a la vegetación original, el país ha perdido 25 % de sus selvas y bosques (Semarnat, 2008). Uno de los efectos más graves de la deforestación es el fenómeno de la fragmentación de hábitat, que es la transformación de un área homogénea en otra en la que permanecen fragmentos de menor tamaño, afectando así las condiciones de humedad, luz y ciclos de nutrientes, y disminuyendo la capacidad de sobrevivencia de los organismos vivos y, con ello, la biodiversidad. Con base en los datos del Inventario Forestal Nacional 2000 (Palacio *et al.*, 2000), se calcula que actualmente los bosques y las selvas cubren 33 % del territorio nacional; esto significa que México ha perdido más de la tercera parte de sus bosques y selvas. Además, de los 51 tipos de vegetación existentes en el país

(según la Serie III de la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI, 1980), 47 son comunidades primarias que abarcan una extensión de 95 167 307 ha, lo cual representa 48.7 % del territorio nacional. Esta situación es más clara cuando se sabe que, actualmente, 26 ecorregiones de las 96 que existen en el país cuentan con menos de 0.05 % de cobertura de vegetación primaria; éstas están situadas principalmente en el estado de Veracruz y en zonas del centro y sureste de la República.

Otro aspecto que, sin duda, preocupa a México es la amenaza que representan para la diversidad vegetal las especies invasoras, especialmente cuando se ha reconocido que son una de las principales causas de extinción de especies y de poblaciones silvestres. A la fecha se ha enlistado un total de 2 298 especies de malezas vegetales (Villaseñor y Espinosa, 1998), de las cuales cerca de 25 % (568 especies) son fanerógamas introducidas (Espinosa, 2003); en 2007 se reportó la existencia de 665 especies de plantas invasoras en el país (IMTA *et al.*, 2007). De manera directa o indirecta, las especies invasoras desplazan a las especies nativas y causan desequilibrios entre las poblaciones silvestres, provocando cambios en la estructura y composición de las comunidades y en su funcionamiento, a través de la alteración en cadenas tróficas, la pérdida de poblaciones silvestres y la degradación de la integridad ecológica de los ecosistemas terrestres, marinos y epicontinentales.

Ante estas amenazas se han instituido diferentes mecanismos institucionales y académicos encaminados a incrementar el conocimiento sobre la diversidad natural del país y la delimitación espacial de zonas para protección, conservación y uso sustentable de los recursos naturales.

La regionalización de la conservación de la naturaleza en México

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes, y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, ya que permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado (Conabio, 2008). La importancia de las regionalizaciones de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un

determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no hubiesen sido consideradas con otro tipo de análisis.

En México existen diferentes experiencias al respecto, dentro de las que destaca la Regionalización Ecológica del Territorio de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de 1986 (Conabio, 2008), la cual ha constituido el marco territorial de referencia en el ordenamiento ecológico del país, y cuya estrategia de planeación está contemplada en el Programa de Medio Ambiente (PMA) 1995-2000. Otros tipos de regionalizaciones también revisten particular importancia, ya que han representado el marco de aplicación de políticas sectoriales en el país. Entre éstas destacan diversas regionalizaciones económicas y de carácter fisiográfico.

Con relación al estudio de los componentes biótico y ecosistémico en México, destacan varios estudios de regionalización en los ámbitos terrestre, marítimo e hidrológico, como aquellos producidos por la Conabio en 1997. Por ejemplo, en el ámbito terrestre destaca la *regionalización biogeográfica* (Conabio, 1997, véase figura 2a) en la que se representan unidades básicas de clasificación, constituidas por áreas que albergan grupos de especies con un origen común y patrones similares de fisiografía, clima, suelo y fisonomía de la vegetación. Otro ejemplo es el de las *Ecorregiones* (INEGI-Conabio-INE, 2008) (véase figura 2b), las cuales constituyen áreas que integran conjuntos distintivos de comunidades naturales, las cuales comparten especies y condiciones ambientales.

Con respecto al ámbito marino, existen diversos trabajos, como la regionalización de sus ecosistemas, determinados por las características ambientales y principales recursos y usos costeros, como los que describen los trabajos sobre la delimitación de regiones de distribución de algas y de peces marinos. Por su parte, la World Wildlife Found (WWF) dividió al país en cinco regiones para la conservación de zonas costeras y marinas. En el caso de los recursos hidrológicos y su biodiversidad, se tienen como antecedentes importantes los estudios de clasificación de regiones hidrológicas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) en 1976 (véase figura 2c). Destacan también la clasificación de recursos acuáticos lénticos y lóticos y diversas regionalizaciones limnológicas. Asimismo, destaca la regionalización hidrológica de la Comisión Nacional del Agua de 1997 (CNA, 1998).

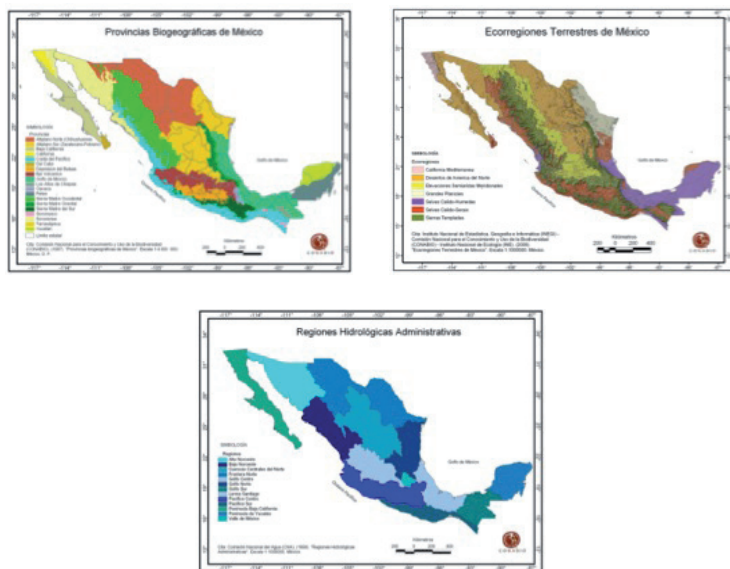


Figura 2. Regionalización del país; a) provincias biogeográficas; b) ecorregiones terrestres; c) regiones hidrológicas administrativas.

Las políticas de conservación en México

La administración mexicana ha asumido cinco compromisos que se han de cumplir durante los próximos años: 1) La ampliación y consolidación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (véase figura 3) y otras modalidades de conservación; 2) La implementación del Programa de Conservación de Especies en Riesgo, a favor de cuando menos 25 especies; 3) La consolidación del Programa Nacional de Turismo de la Naturaleza, asegurando beneficios para la población local; 4) Ampliar la cobertura y efectividad de la Estrategia de Conservación para el Desarrollo, que es la que garantiza que las comunidades rurales e indígenas y los propietarios reciban incentivos y beneficios a través de su participación y, 5) Contribuir a mantener la relevancia, vigencia y participación de la sociedad, a través de la Estrategia Nacional de Cultura para la Conservación.



Fuente: Conabio, 2008.

Figura 3. Áreas naturales protegidas de México.

México cuenta con siete designaciones internacionales de conservación ambiental; 27 como sitios Ramsar, Humedal de Importancia Internacional; 10 como Patrimonio Mundial; 34 como Red Mundial de Reservas de la Biosfera; tres de la Red de Áreas Marinas Protegidas de América del Norte; 27 Áreas Hermanas con Áreas Protegidas de otros países; cinco del Sistema Arrecifal Mesoamericano y 13 del Corredor Biológico Mesoamericano-México; todas ellas incluidas en las Áreas Prioritarias de la Conabio (Áreas Prioritarias Terrestres, Marinas e Hidrológicas). A nivel nacional existen 49 ANP y 44 como Programa de Conservación y Manejo (Conabio, 2007). Actualmente las áreas protegidas cubren aproximadamente 12 % de la superficie del país, sin embargo, resulta evidente que es necesario incrementar los esfuerzos de conservación de la diversidad vegetal, especialmente en las altitudes medias de las zonas montañosas del país (Conabio, 2007). La lista de la norma oficial no es todavía exhaustiva, y se requiere de un esfuerzo para realizar una evaluación sistemática de un gran número de especies. Por otra parte, los jardines botánicos desempeñan un papel muy importante para la

conservación *ex situ* de la diversidad vegetal; en conjunto, todos los jardines botánicos de México mantienen en sus colecciones vivas ejemplares representantes de más de 5 000 especies de su flora. En los quince jardines más importantes del país se mantienen especies endémicas y amenazadas o en alguna otra categoría de riesgo.

Regiones prioritarias para la conservación

Con el fin de optimizar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México, la Conabio ha impulsado un programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando los ámbitos terrestre (regiones terrestres prioritarias), marino (regiones prioritarias marinas) y acuático epicontinental (regiones hidrológicas prioritarias), para los cuales, mediante sendos talleres de especialistas, se definieron las áreas de mayor relevancia en cuanto a la riqueza de especies, presencia de organismos endémicos y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquellas con mayores posibilidades de conservación, en función de aspectos sociales, económicos y ecológicos. En este contexto, el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Conabio se orienta a la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. Con este marco de planeación regional, se espera orientar los esfuerzos de investigación que optimicen el conocimiento de la biodiversidad en México. La clasificación de las áreas prioritarias, la descripción de sus características físicas, biológicas y sociales, así como las problemáticas y sugerencias identificadas, no pretenden ser una revisión exhaustiva y terminante, por el contrario, por un lado reflejan el conocimiento, la experiencia y el sentir de un vasto número de científicos, trabajadores gubernamentales, cooperativas, asociaciones civiles, etc., y por otro, intentan resaltar los problemas, las definiciones, los conocimientos y las propuestas más actuales y frecuentes en la materia. Asimismo, representan un marco de referencia y una herramienta que espera ser útil para los tomadores de decisiones, científicos, usuarios y público en general.

Regiones marinas prioritarias

Los conocimientos e información sobre los ecosistemas marinos son, frecuentemente, escasos y fragmentados, sin embargo, la intrincada dependencia del hombre hacia estos recursos, y la conciencia de que están siendo fuertemente impactados por las mismas actividades humanas, ha planteado la necesidad de incrementar el conocimiento sobre el medio marino, a todos los niveles, para emprender acciones que conlleven a su mantenimiento, conservación, recuperación o restauración.

Bajo esta perspectiva, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) instrumentó el *Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México*, con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (Packard), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID, por sus siglas en inglés), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés). Este Programa reunió, por medio de talleres multidisciplinarios, a un grupo de 74 expertos de los sectores académico, gubernamental, privado, social y organizaciones no gubernamentales de conservación. En estos talleres, con base en la información y conocimiento compartido de los participantes, se identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre la biodiversidad (véase figura 4).

De la misma forma se identificaron las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos más significativos en las costas y mares, de acuerdo con las cuales se hicieron recomendaciones para su prevención, mitigación, control o cancelación. Se elaboraron las fichas técnicas para cada área prioritaria identificada, las cuales contienen información general de tipo geográfico, climatológico, geológico, oceanográfico, así como el consenso generado por los participantes del taller con respecto a la información biológica, el uso de los recursos y los aspectos económicos y las problemáticas de la conservación y el uso de recursos.



Fuente: Conabio, 2008.

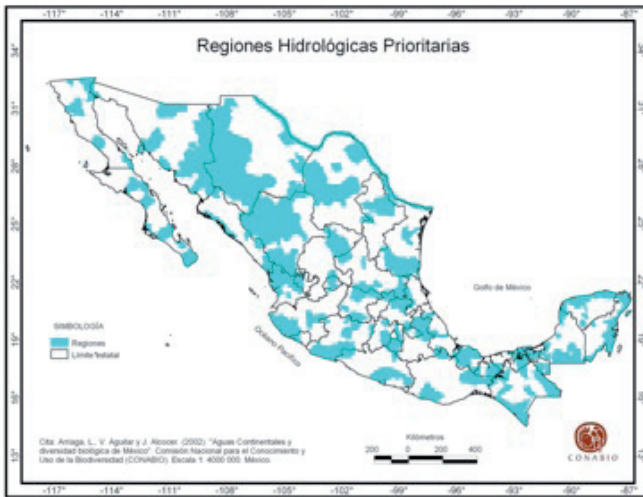
Figura 4. Regiones marinas prioritarias de México.

La selección de estas 70 áreas prioritarias se realizó considerando criterios ambientales (integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etc.) La clasificación resultó en diferentes grupos definidos por el patrón de uso de los recursos, el conocimiento sobre biodiversidad y las amenazas que enfrentan, considerando la información generada durante el taller. Un análisis estadístico posterior a estos talleres arrojó como resultado 58 áreas de alta biodiversidad, de las cuales 41 presentaron algún tipo de amenaza para la biodiversidad y 38 correspondieron a áreas de uso por sectores (Conabio, 1998). Finalmente, también se identificaron ocho áreas que son importantes biológicamente, pero no se cuenta con información sobre biodiversidad.

Regiones hidrológicas prioritarias

En mayo de 1998 la Conabio inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, considerando las características de la biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, a fin de establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo sostenido. Como parte de dicho programa se realizaron dos talleres interdisciplinarios, con la participación de 45 especialistas de los sectores académico, gubernamental y de organizaciones no gubernamentales, coordinados por la Conabio. Este programa contó con el apoyo económico del Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad, The David and Lucile Packard Foundation, The United States Agency for International Development, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y el Fondo Mundial para la Naturaleza.

Con la información obtenida se elaboraron, en escala 1:1 000 000, mapas del territorio nacional, ubicando las áreas prioritarias consideradas por su biodiversidad, uso de recursos, carencia de información y potencial para la conservación, así como una ficha técnica de cada área, con información de tipo biológico y físico, problemática y sugerencias para su estudio, conservación y manejo. Se identificaron 110 regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas que son importantes biológicamente, pero carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad (véase figura 5).



Fuente: Conabio, 2008.

Figura 5. Regiones hidrológicas prioritarias.

Regiones terrestres prioritarias

La acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas requiere, con urgencia, que se fortalezcan los esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad. El proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental, en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación. El procedimiento para la identificación de las áreas consistió en la evaluación de distintos materiales cartográficos y bibliográficos que, aunada a la experiencia y conocimiento de los especialistas, permitió detectar las áreas; los principales criterios utilizados fueron 18, agrupados en tres grandes rubros: los de valor biológico, los de

amenaza o riesgo y las oportunidades de conservación (Arriaga *et al.*, 2000). La identificación de las regiones prioritarias es resultado del trabajo conjunto de expertos de la comunidad científica nacional. Como producto de este proyecto se obtuvo un mapa en escala 1:1 000 000 con 152 regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México, que cubren una superficie de 515 558 km², correspondientes a más de la cuarta parte del territorio (Arriaga *et al.*, *op. cit.*) (véase figura 6).

Es conveniente reiterar que esta regionalización constituye un primer acercamiento, en el contexto nacional, a las áreas prioritarias que deben ser sujetas a un esfuerzo de conservación, sin embargo, el conocimiento a detalle de las mismas sólo será posible con trabajo a escalas más detalladas y la incorporación de especialistas con experiencia regional más específica, a fin de impulsar los proyectos de investigación regional.

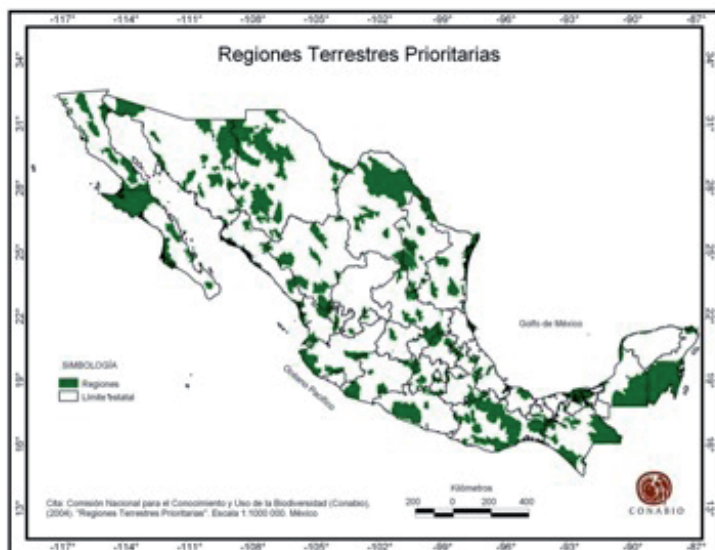


Figura 6. Regiones terrestres prioritarias.

Áreas de importancia para la conservación de aves

El programa Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (Cipamex) y Bird Life International. Inició con el apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA), con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Para identificar las AICA en el territorio mexicano, en 1996 se invitó a 40 especialistas e interesados en la conservación de las aves para proponer, de manera regional, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (Arizmendi *et al.*, 1999). Se identificaron 170 áreas, mismas que se difundieron, invitando a más personas a participar; se conformaron 193 áreas, nominadas durante 1996 y 1997. La información gráfica recabada en el taller, que incluía mapas dibujados por los expertos de todas las áreas que fueron nominadas, se digitalizó y sistematizó en un sistema de información geográfica. Durante 1998 el programa entró en una segunda fase, en la cual se regionalizó, con el apoyo financiero del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN), formándose cuatro Coordinaciones Regionales: Noreste, Noroeste, Sur y Centro. En cada región se organizaron dos talleres para revisar las AICA, anexándose y eliminándose aquellas áreas que, de acuerdo con la experiencia de los grupos de expertos, así lo ameritaron, concluyendo con un total de 230 AICA, las cuales quedaron clasificadas dentro de alguna de las 20 categorías definidas, con base en criterios de la importancia de las áreas en la conservación de las aves; dichos criterios resultaron de discusiones trilaterales y se adaptaron a partir de los utilizados por Bird Life Internacional. Igualmente, se concluyó una lista de cinco áreas de prioridad mayor por región, en donde se tienen identificados grupos focales con capacidad de implementar un plan de conservación en cada AICA. Los mapas resultantes de esta revisión más detallada, se digitalizaron a escala 1:250 000 (Cipamex 1999) (véase figura 7).



Figura 7. Áreas de importancia para la conservación de las aves.

Cada área o AICA contiene una especificación técnica que incluye la descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia y su estacionalidad. El listado completo incluye las 230 áreas del país, con más de 26 000 registros de 1 038 especies de aves (96.3 % del total de especies para México, según la American Ornithologist's Union). Adicionalmente, al menos en un área, se incluye 90.2 % de las especies listadas como amenazadas por la ley Mexicana (306 de 339 especies) y 100 % de las especies incluidas en Collar *et al.* (1994). Las 95 especies endémicas de México (Arizmendi y Ornelas, *en prep.*) se encuentran registradas, por lo menos, en un AICA.

El propósito de las AICA radica en ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones, que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación. Dicho proyecto también busca ser una referencia para los profesionales dedicados al estudio de las aves, que permita hacer accesibles a todos, algunos datos impor-

tantes sobre la distribución y ecología de las aves en México. Al mismo tiempo, dicha regionalización es utilizada como una guía para fomentar el turismo ecológico, tanto a nivel nacional como internacional, para la conformación de clubes de aficionados observadores de las aves, y de otros tipos de grupos interesados en el conocimiento y la conservación de estos animales. Este mapa de AICA se encuentra en un proceso de renovación periódica que permite garantizar su validez.

Instituciones dedicadas al estudio y conservación de la biodiversidad en México

Para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos por México con la firma del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) se formaron diferentes organizaciones como el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). La Conabio es una comisión intersecretarial, se creó por acuerdo presidencial el 16 de marzo de 1992 y su objetivo es coordinar las acciones y estudios relacionados con el conocimiento y la preservación de las especies biológicas, así como promover y fomentar actividades de investigación científica para la exploración, estudio, protección y utilización de los recursos biológicos tendientes a conservar los ecosistemas del país y a generar criterios para su manejo sustentable¹.

La comisión ha desarrollado, en coordinación con diversas instituciones de investigación del país, un arduo trabajo en el área del conocimiento de la biodiversidad, ha generado una base de datos sobre información biológica del país y, hace aproximadamente seis años inició actividades encaminadas al uso de los recursos biológicos en forma sustentable. Por otra parte, los instrumentos de planeación que llevan a cabo las organizaciones gubernamentales buscan coadyuvar a la conservación y protección ambiental y de la biodiversidad; dentro de ellas se encuentran la evaluación de impacto ambiental, el ordenamiento ecológico y la evaluación del riesgo ambiental.

¹ Acuerdo presidencial de creación de Conabio [en línea]. <http://www.CONABIO.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/acuerdo.html#ARTPRI>.

1. *Evaluación del impacto ambiental.* El impacto ambiental se define como cualquier modificación del ambiente, ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, sin embargo, sólo las modificaciones originadas por las actividades humanas son sometidas a evaluación por parte del Estado mexicano. La evaluación del impacto ambiental (EIA) es un instrumento de la política ambiental dirigido al análisis detallado de diversos proyectos de desarrollo y de los sitios donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos que su ejecución puede ocasionar al ambiente. Con esta evaluación es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto, mediante el análisis costo-beneficio ambiental, y determinar —en caso de que se requiera— las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio y la salud humana.
2. *Ordenamiento ecológico del territorio.* A cada localidad, dentro del territorio, se le pueden atribuir características de los subsistemas físico, biótico, social y económico, mismos que interactúan y se determinan recíprocamente. Para conciliar las prioridades de dichos subsistemas se emplea el ordenamiento ecológico del territorio, el cual se define jurídicamente como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En México el ordenamiento ecológico se considera en cuatro modalidades: El ordenamiento ecológico general, de carácter indicativo, se refiere al conjunto del territorio, seguido del ordenamiento regional, aplicable a dos o más municipios, a todo un estado o parte de dos o más estados.
3. *Evaluación del riesgo ambiental y la bioseguridad.* El riesgo ambiental es la probabilidad de que se liberen al medio ambiente materiales peligrosos capaces de afectar adversamente a la población, a los ecosistemas o a los bienes. La peligrosidad de un material se evalúa en función de sus características CRETIB (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, infecciosas y biológicas). Los eventos durante los cuales se liberan cantidades importantes de materiales

peligrosos, debido a una explosión, incendio, fuga, o derrame súbito se denominan accidentes de alto riesgo ambiental o mayores, y existe una normatividad detallada que los define con precisión, permitiendo su identificación e intervención oportuna. Cuando se practican estas actividades es necesario contar con una evaluación del riesgo ambiental (ERA).

Estrategia mexicana para la conservación vegetal

Esta estrategia, iniciada por la Conabio y la Conanp, promueve su adopción por el sector gubernamental y se vinculará con las comisiones del medio ambiente y de agricultura del Congreso de la Unión. Los objetivos de dicha estrategia son: 1) Documentar e integrar la información relativa a la diversidad vegetal; 2) Preservar la diversidad vegetal, por medio de la conservación de 50 % de áreas de importancia y garantizar que 30% de las superficies de aprovechamiento se manejen bajo criterios de conservación; asimismo, la conservación *in situ* de 60 % de las especies bajo categoría de riesgo, y un control de las especies invasoras; 3) Utilizar de forma sostenible la diversidad vegetal y propiciar el reparto justo de sus beneficios; 4) Promover la educación y la concientización acerca de la diversidad vegetal y 5) Crear y fortalecer las capacidades para la conservación de la diversidad vegetal (Conabio, 2007).

El Corredor Biológico Mesoamericano: un esfuerzo transfronterizo de conservación

Se trata de un proyecto que busca generar corredores o espacios de conectividad de las áreas naturales protegidas, áreas de restauración ecológica, sistemas productivos, el manejo forestal sustentable, las plantaciones productivas y el ecoturismo, entre otros. El Corredor Biológico Mesoamericano incluye a los estados de Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas y se continúa hacia Guatemala, El Salvador, Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, y en

él se ubica 10 % de la biodiversidad del planeta. Ha sido concebido y organizado para brindar bienes y servicios ambientales a la sociedad mesoamericana y mundial, procurando la concertación social, para promover la conservación de la biodiversidad y el uso sustentable de los recursos naturales, y con ello contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región. Las regiones comprendidas en este corredor son la selva Maya Zoque en el norte de Chiapas, la sierra Madre del Sur en Chiapas, el ANP de Sian Ka'an-Calakmul y la costa norte de Yucatán.

El papel de las organizaciones no gubernamentales en la conservación

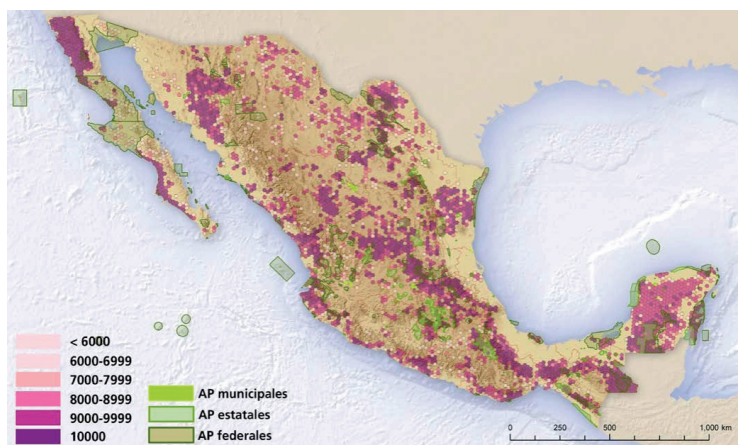
En México la participación de organizaciones no gubernamentales (ONG) se caracteriza por acciones encaminadas a la promoción de la conservación y el apoyo económico a proyectos de protección a la biodiversidad. Los sitios que cuentan con iniciativas prácticas de las ONG, en ocasiones, se encuentran enlistadas en los llamados *hot spots* internacionales. Estos *hot spots* suman 238 ecorregiones en el planeta, y México cuenta con 12 de ellas, entre las que destacan la sierra Tarahumara, los santuarios de la mariposa monarca, la sierra Norte de Oaxaca, la selva Zoque, la sierra Costera de Oaxaca, la península de Yucatán, el desierto chihuahuense, el golfo de California y el arrecife Mesoamericano, todas ellas bajo el apoyo de programas específicos de la World Wildlife Foundation (WWF).

De la región denominada desierto chihuahuense destacan Cuatro Ciénegas, Coahuila; y los pastizales del Valle de Janos, Chihuahua. Asimismo, el desierto sonorense forma un corredor con los desiertos de sur de California y de Arizona en Estados Unidos de América. Del golfo de México destacan sitios apoyados en su protección, como la laguna Madre en Tamaulipas, así como el corredor de las reservas de Sian-Ka'an y Calakmul y los humedales de Yucatán, en la península de Yucatán. Todos estos sitios cuentan con apoyos económicos de fondos internacionales patrocinados por The Nature Conservancy, México.

Para la conservación del agua, diversas fundaciones como la Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP y la Fundación David and Lucile Packard, aportaron recursos en la sierra de Manantlán y El Triunfo, con apoyos del Fondo Mexicano para la Conservación. Asimismo, se cuenta con fondos de apoyo para la protección de las áreas marinas del Fondo para la Conservación del Golfo de California y el Fondo Marino para el Golfo de California que comprenden: 1) Reserva de la Biosfera Bahía de los Ángeles y Parque Nacional Archipiélago San Lorenzo; 2) Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir; 3) Parque Nacional Bahía de Loreto; 4) Zona Marina del Archipiélago Espíritu Santo; 5) Parque Nacional Islas Marietas y 6) Fondo para el Sistema Arrecifal Mesoamericano, también apoyado por el Fondo Mexicano para la Conservación. Además, el manejo sustentable cuenta con apoyos específicos de algunas ONG que trabajan con los propietarios de los recursos y ofrecen alternativas de uso y conservación, mediante la identificación de predios críticos (por ejemplo, Programas de Conservación de Tierras de Probaturo), en co-administración con la Conanp.

¿Son suficientes los esfuerzos de conservación en México?

Para generar una visión actualizada, con criterios robustos y técnicos, sobre los vacíos y omisiones en la conservación de las áreas protegidas de México, la Conabio y la Conanp, en colaboración con numerosas instituciones y especialistas en detectar sitios prioritarios para la conservación de diferentes grupos de especies y ambientes, han realizado trabajos cuyas conclusiones indican que, aún con los grandes esfuerzos hechos en las últimas décadas y el papel central que juegan las áreas protegidas en la conservación de los ecosistemas y las especies, las actuales redes de áreas protegidas todavía no cubren adecuadamente todas las ecorregiones ni los sitios prioritarios identificados en el análisis, y sólo protegen parcialmente el área de esos sitios (véase figura 8).

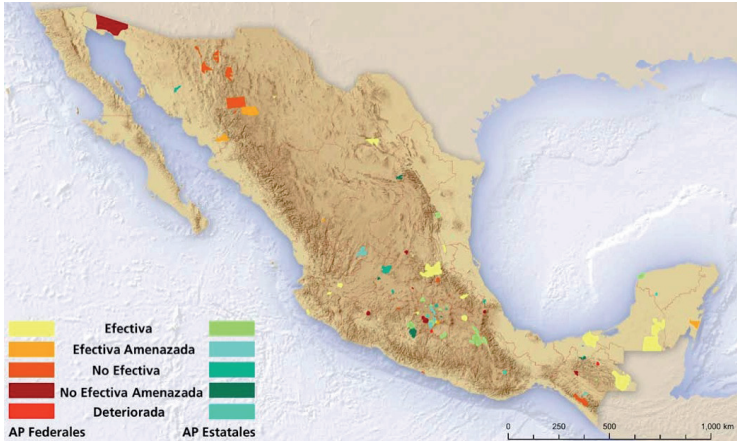


Fuente: Semarnat, 2001

Figura 8. Sitios prioritarios para las plantas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 y tipos de vegetación, considerando la “mejor solución” con metas variables. Las unidades de estudio se muestran de acuerdo con su frecuencia de selección por el programa de priorización.

De 96 ecorregiones terrestres, 11 están sin protección y 50 subrepresentadas en los sistemas de áreas protegidas. Considerando los tipos de vegetación, los niveles de protección más bajos se presentan en las selvas secas, el matorral espinoso tamaulipeco y los bosques de pino-encino, y son más severos para aquella vegetación como las selvas húmedas y los bosques mesófilos, en los que sólo quedan remanentes de su cobertura original. Este estudio indica que los sitios prioritarios terrestres abarcan 30 % de la superficie nacional, sin embargo, la superficie protegida en AP (federales, estatales y municipales) sólo equivale a 3.9 % de la superficie continental del país (Conabio, 2007). Aún cuando se incrementara la superficie protegida hasta 16.6 % de la superficie del país, con lo que se cubriría adecuadamente el conjunto de sitios de prioridad extrema y alta, no se lograría representar a todos los objetos de conservación de interés considerados en este estudio (véase figura 9). Es evidente que se necesitan otros mecanismos de conservación, además de las áreas protegidas, para lograr mantener

poblaciones nativas viables a lo largo de su área de distribución, en la variedad de paisajes en que se encuentren.



Fuente: Semarnat 2001

Figura 9. Efectividad en la conservación de la vegetación primaria de 1993 a 2002 en áreas protegidas (AP) federales y estatales seleccionadas, considerando la tasa de cambio de la cobertura vegetal.

Alternativas sobre el uso sustentable de la biodiversidad en México

El papel de los tomadores de decisiones en las políticas de conservación

Debido al continuo deterioro de los hábitats naturales y la amenaza hacia ciertas especies, las herramientas de gestión institucional en los países optan por la preservación, protección y mejoramiento de la calidad del ambiente, incluyendo la conservación del hábitat y de la flora y la fauna silvestres. Estas herramientas se han convertido en instrumentos de política ambiental en diversos países del mundo.

Las reservas son sitios clave para la conservación de la biodiversidad *in situ* y son reforzadas por las leyes de protección, sin embargo, el mejoramiento de los sistemas de protección debe ser evaluado constantemen-

te por los científicos. Asimismo, la conservación necesita contar con el soporte público de todos los niveles, desde los gobiernos locales hasta los dueños de las tierras, campesinos y residentes locales, quienes, en última instancia, viven de las ganancias de las políticas de conservación.

En respuesta a estas necesidades, los miembros de los estados han incrementado las formas de participación pública para la toma de decisiones. Las consultas públicas, la gobernanza interactiva y la democracia deliberativa son algunos de los métodos utilizados para revisar oposiciones, impulsar la legalidad de políticas, incrementar la calidad de la toma de decisiones y facilitar su implementación (Engelen *et al.*, 2008). En ocasiones las políticas de conservación involucran conflictos de intereses con los actores clave y generan mucha resistencia, estas diferencias provienen de las diversas visiones que se tienen de la naturaleza. En respuesta, las autoridades gubernamentales abandonan gradualmente el centralismo y las aproximaciones de arriba-abajo, incrementando los métodos participativos e interactivos para la confección de las políticas públicas. Las estrategias de participación legitiman la visión de la naturaleza que tienen los actores clave y la aplican en las políticas de conservación de los países. La visión de la naturaleza puede ser funcional y tan amplia que involucra valores, por ello las metas de conservación a mediano y largo plazo deben ser transparentes para los tomadores de decisiones y para quienes se ven afectados directamente por ellas. En este sentido, la credibilidad de la autoridad en las ciencias de la conservación debe hacer énfasis en el por qué y el cómo debe conservarse la naturaleza.

A continuación se describen algunos esfuerzos para alcanzar el uso sustentable de los recursos biológicos en México, mismos que involucran la participación de los actores clave en su puesta en marcha, operación y evaluación:

- El pago por servicios ambientales hidrológicos en regiones forestales, para evitar el cambio de uso del suelo y estimular la protección ambiental.
- El pago por captura del carbono, bajo los lineamientos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que tiene como meta estabilizar la concentración de

gases de efecto invernadero; esto se logra a partir de un aumento en las superficies forestales que funcionan como sumideros de carbono, en combinación con el uso de energías limpias. A través de un pago que estimule la conservación de las zonas con vegetación se disminuye el cambio del uso de suelo.

- El pago por protección de la biodiversidad para el desarrollo de sistemas agroforestales en zonas con especies en riesgo, promoviendo la reforestación y el cultivo de variedades criollas.
- Los trabajos de reforestación con apoyos a sectores campesinos.
- Los subsidios para el manejo sustentable de los bosques y de la vida silvestre.

Recursos biológicos colectivos

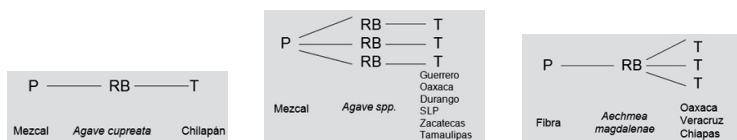
De acuerdo con la legislación nacional, un recurso biológico se define como los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro tipo de componente biótico de los ecosistemas que tienen valor o utilidad real o potencial para la humanidad. Por otra parte, la connotación de *colectivo* implica que dicho recurso biológico es manejado por colectividades integradas por diferentes sectores como comunidades, ejidos y pueblos, así como por organizaciones conformadas por grupos de individuos cuyas actividades principales se relacionan con la conservación y el uso de los recursos biológicos y con los beneficios de la apropiación y las formas colectivas de gestión. La colectividad de los recursos biológicos centra el trabajo en el sector social rural y en la construcción de espacios de identidad común en torno al aprovechamiento de un recurso en una región. Así, un Recurso Biológico Colectivo (RBC) producido en un territorio se puede constituir en un eje ordenador de las acciones regionales de conservación *in situ* de la diversidad biológica y del desarrollo comunitario (Larson y Neyra, 2004).

El Programa Recursos Biológicos Colectivos (PRBC), conformado en 2002 por la Conabio, nació bajo la necesidad de iniciar actividades encaminadas a promover el uso de los recursos biológicos de forma sustentable, considerando y tomando como base la información gene-

rada hasta el momento por dicha institución. Con esto se inició un esfuerzo por poner a la disposición dicha información, al servicio de los procesos sociales de aprovechamiento sustentable de los recursos biológicos, y se formaliza la actuación concreta sobre la contradicción entre riqueza natural y pobreza, en las regiones de mayor diversidad biológica y cultural de México, como un esfuerzo en la búsqueda de opciones para disminuir la pobreza que aqueja a las regiones más ricas en diversidad biológica. Todo ello se da bajo un estricto respeto a la preservación y el mantenimiento de los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales, que entrañan estilos tradicionales de vida congruentes con la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica.

Este programa ha permitido generar modelos innovadores de apropiación colectiva y sustentable de recursos biológicos, para promover una valorización integral del espacio rural, conservar *in situ* la diversidad biológica y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales y de los consumidores urbanos, lo cual se logra a través de la identificación y el diseño de proyectos de investigación básica, aplicada y tecnológica, adecuados para apoyar los procesos de apropiación social y de manejo sustentable de los recursos biológicos colectivos. También se promueve la apropiación colectiva de conocimientos y prácticas tradicionales e innovadoras, para la conservación *in situ* de la diversidad biológica, su manejo sustentable y el desarrollo de productos y servicios con visión de mercado. Asimismo, se incentiva el uso de información biológica, geográfica y cultural de calidad, en el diseño y adecuación de políticas públicas relativas a los mencionados procesos de apropiación colectiva y sustentable de los recursos biológicos. Finalmente, se diseña una estrategia de comunicación y diálogo entre los sectores y el programa, incluyendo instrumentos diferenciados sectorial y temporalmente.

La colaboración intersecretarial e intersectorial, indispensable para el cumplimiento de los objetivos al trabajar con recursos biológicos colectivos, se desarrolla en un eje ordenador, en donde investigadores, productores, consumidores y políticas públicas tienen su lugar. El eje ordenador Recurso-Territorio-Producto (R-T-P) facilita desarrollar eficientemente y en diferentes escalas, este trabajo (véase figura 10).



Fuente: Conabio 2006.

Figura 10. Ejemplos de los elementos del eje ordenador para dos recursos biológicos colectivos: mezcales y diversidad y pita de la selva.

En el caso del mezcal de Chilapán, el eje ordenador está constituido por el producto mezcal, elaborado colectivamente a partir del recurso biológico *Agave cupreata*, en un territorio: la región de Chilapán en el estado de Guerrero, y del *Agave spp.*, que se produce en áreas dispersas de diferentes entidades. En el caso de la pita de la selva, la fibra se produce colectivamente, a partir de la *Aechmea magdalenae*, en entidades del sur del país.

El Programa Recursos Biológicos Colectivos, como encargado del estudio del uso de la biodiversidad en Conabio, inició actividades con un recurso biológico correspondiente a cada sector: maíces en el sector agrícola; mieles en el sector pecuario; magueyes en el agroindustrial, forestal no maderable y vida silvestre; langosta en el sector pecuario; pita de la selva en lo forestal no maderable y vida silvestre, y copales en el silvestre. El uso del plural: maíces, mieles, mezcales, copales, etc., se debe a un esfuerzo por diferenciar lo específico frente a lo genérico. El programa promueve el uso sustentable, implementando formas de manejo de la conservación *in situ* de la biodiversidad para, posteriormente, diferenciar sus productos en el mercado; es una forma de dar valor agregado a estos productos. En los siguientes recuadros se muestran algunos casos de recursos biológicos que son usados colectivamente, bajo el esquema de la sustentabilidad y la conservación *in situ*.

Conclusiones

Los esfuerzos de conservación en México, surgidos con mayor auge desde la Cumbre de Río de Janeiro en 1992, han sido constantes, y se

ha tratado de identificar la problemática ambiental y sus soluciones, tanto a nivel nacional como local. En el ámbito geográfico es necesario seguir trabajando en la búsqueda de las necesidades locales de servicios ambientales y las opciones de uso sustentable, desde la perspectiva de la geografía del paisaje, la geografía social o la geografía económica, con base en la conformación de grupos sociales que identifiquen claramente su actuación en el ambiente y contribuyan a su protección. Con todo ello, se estará en posición de aprovechar las oportunidades locales de desarrollo que incentiven, a su vez, un mejoramiento en los ecosistemas, las especies y los recursos genéticos en el ámbito nacional.

Mezcales y diversidad biológica

Son más de 10 las especies de maguey que se utilizan para producir destilados en México, y muchas las regiones que los producen. Las modalidades productivas de magueyes mezcaleros van de la agroindustria intensiva a la recolección en el monte, pasando por su cultivo en pequeña escala y en espacios rurales diversos. El cultivo intensivo y la reproducción del mismo paquete tecnológico genera beneficios de corto plazo, pero que tienen costos ambientales altos, como la erosión, la contaminación y el desplazamiento de los magueyes nativos de cada región. Por su parte, la recolección indiscriminada puede provocar la desaparición de poblaciones silvestres.

Los sistemas productivos deben adaptarse a las condiciones naturales de cada región y a la disponibilidad de otros recursos como la leña y el agua. El aprovechamiento sustentable de las poblaciones silvestres y su manejo forestal puede contribuir a la conservación de los bosques, selvas bajas y matorrales, que son también el hábitat de otras plantas y animales. El crecimiento de la demanda y de la producción presenta riesgos y oportunidades que se deben enfrentar y aprovechar con estrategias de producción sustentable que promuevan la conservación de la biodiversidad y el desarrollo comunitario, procesos de transformación más eficientes y mecanismos de comercialización que reconozcan la diversidad cultural de los mezcales.

Mieles peninsulares y diversidad

La apicultura en la península de Yucatán es una actividad de gran importancia económica para los pobladores del lugar. Es realizada principalmente por pequeños productores, quienes generalmente combinan esta actividad con otras que, sumadas, les permiten solventar sus necesidades básicas. En la península de Yucatán existen cerca de 17 000 productores de miel, siendo la principal región productora del país, ahí se encuentran la mitad de los apicultores nacionales, 25 % en Yucatán, 16 % en Campeche y 9 % en Quintana Roo. Los mayas desarrollaron la apicultura en la península de Yucatán, aprovechando las abejas nativas de los géneros *Melipona* y *Trigona*, por lo que se le llama meliponicultura. A principios del siglo XX se introdujeron a la península las abejas melíferas del género *Apis*, las cuales, por su alta productividad y capacidad de adaptación a diversos ambientes, se convirtieron en el sistema de producción apícola de preferencia, éste se basa en la riqueza agroforestal de la península.

La península de Yucatán es una planicie caliza de 140 000 km², con clima cálido subhúmedo, está cubierta por diferentes tipos de vegetación tropical, entre los que predominan las selvas bajas y medianas, caducifolias, subcaducifolias y subperennifolias. Hacia las costas se encuentran áreas importantes con vegetación hidrófila, y en el sur selvas perennifolias. Esta vegetación ha sido alterada por la deforestación y la introducción de agricultura y ganadería extensivas.

La apicultura es una actividad basada en las floraciones de la vegetación natural y transformada; las mieles de cada región y momento de cosecha son un reflejo de la riqueza de esta vegetación. Existen mieles monoflorales, oligoflorales o multiflorales. Las primeras pueden ser de *Xtabentún*, *Tajonal*, *Ha'abín*, *Ts'its'ilché* y *Chakah* entre muchas otras floraciones. Las buenas prácticas de manejo y la racionalización de la actividad apícola, incluyendo el manejo de las abejas nativas, permiten valorar las mieles de los diversos paisajes y reconocer el trabajo de los apicultores, al tiempo que se favorece la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Todas las

Continuación

mieles que producen las abejas son de buena calidad y autenticidad, pero pueden verse afectadas por el manejo, desde la cosecha hasta su consumo. En el mercado de las mieles existen normas básicas de inocuidad: que no esté adulterada con otros azúcares ni contaminada con insecticidas, antibióticos u otros compuestos. Para México esta normatividad es fundamental, ya que es un importante exportador de este recurso. Nueve de cada diez kilos de miel que produce la península se exportan, principalmente a la Unión Europea, sin embargo, el consumo es bajo entre la población local. Las mieles mexicanas se comercializan, en su mayoría, a granel; se mezclan para luego ser envasadas, etiquetadas y redistribuidas en otros países; también se utilizan en la industria alimentaria para elaborar otros productos como panes, golosinas y bebidas. Actualmente existe un creciente interés de los consumidores por la diversidad de las mieles; una vez que la calidad está garantizada se buscan mieles con características específicas, que respondan a los gustos de cada consumidor.

Caracterizar a las mieles implica conocerlas, definir las y etiquetarlas para el comercio no como un producto genérico, sino como mieles cuyas cualidades e identidad se conocen y se comparten con el consumidor. Lograr una producción de mieles diferenciadas requiere de capacitación para los apicultores y estrategias específicas de comercialización. Ya sea para comercializarla a granel o para envasar para su venta al menudeo, la diferenciación de las mieles permite a los apicultores comercializar su producto utilizando una identidad particular, y reducir la competencia con las mieles genéricas comercializadas en grandes volúmenes y a bajo precio. Además de consolidar las exportaciones, uno de los principales retos y oportunidades para los pequeños apicultores es incrementar el consumo nacional y regional.

Mieles de Calakmul

Calakmul —junto con Champotón, Hopelchén y Campeche— es uno de los municipios en donde se reporta mayor número de localidades con producción apícola. Dentro de este municipio, extendiéndose hacia una pequeña porción del municipio de Hopelchén, se encuentra la Reserva de la Biosfera Calakmul, ésta tiene una extensión de 723 185 ha. En ella, la actividad apícola es desarrollada por grupos de apicultores campesinos, legalmente constituidos, y que, por años, se han dedicado a esta actividad. En ese caso se encuentra el Grupo Productores Orgánicos de Calakmul, A. C., que fue creado en 2003 y ha formado la Empresa Social Pro-orgánicos de Calakmul, S. P. R. de R. I., ocupados en la conservación y en la apicultura como forma de vida, practican una apicultura responsable, artesanal y amigable con el ambiente y la biodiversidad. Colaboran en programas y acciones que promueven la conservación de la Reserva de Calakmul.

Fuente: Conabio, *Mieles Peninsulares y diversidad*, 2a. ed. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Corredor Biológico Mesoamericano-México, 2008.

Actividades complementarias

1. Visita al Jardín Botánico de la UNAM.
2. Visita a la Colección Biológica de Angiospermas del Instituto de Biología, UNAM.
3. Visita a la sala de biodiversidad de Universum.
4. Visita a la Conabio. Contacto: Dirección de Difusión y Comunicación Científica de la Conabio.

Páginas de internet recomendadas

<http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/cdb.html>.

<<http://www.unccd.int/>>.

<<http://www.ramsar.org/>>.

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

<<http://www.nature.org>>.

<[http// semarnat.gob.mx](http://semarnat.gob.mx)>.

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

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

<www.biodiversity/hotspots.org/xp/Hotspots>.

<www.unep.org/themes/biodiversity>.

<www.iucnredlist.org>.

Bibliografía

- ARIZMENDI, C. M. y L. Márquez V., *Áreas de importancia para la conservación de aves en México*. México, Conabio, 1999.
- ARIZMENDI, C. M. y J. F. Ornelas, *Programa científico* [en línea]. México, 2010. <CECAM.www.ibiología.unam.mx>.
- ARRIAGA, C. L. *et al.*, coords., *Regiones marinas prioritarias de México*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1998.
- ARRIAGA, L. *et al.*, coords., *Regiones terrestres prioritarias de México*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2000.
- CHILDE, G. V., *Los orígenes de la civilización*. México, FCE, 1986.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Nueva regionalización* [en línea]. México, 1998. <www.conagua.gob.mx/CONAGUA2007>.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD, *Provincias biogeográficas de México*. México, Conabio, 1997.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD, *Mezcales y diversidad*, 2ª ed. México, Conabio, 2006.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD, *Mieles peninsulares y diversidad*, 2a. ed. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Corredor Biológico Mesoamericano-México, 2008.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD, *Regionalización* [en línea]. México, Conabio, 2008. <<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>>.
- CONABIO-CONANP-SEMARNAT, *Estrategia mexicana para la conservación vegetal: objetivos y metas*. México, 2008.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA-FCF-UANL, *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa

- México, Pronatura, A. C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2007.
- COOPER, N., *How natural is a nature reserve?: an ideological study of British nature conservation landscapes*, en *Biodiversity and Conservation*, núm. 9, 2000.
- EDEY, M. E., “El Eslabón Perdido II”, en *Arqueología de las primeras civilizaciones. Orígenes del hombre*, 2a. ed. Barcelona, Folio, 1994.
- ENGELN, E., J. Keulartz y G. Leistra, “European Nature Conservation Policy Making”, en J. Keulartz y G. Leistra, eds., *Substantive to Procedural Sources of Legitimacy in European Nature Conservation Policy: Case Studies in Multilevel Governance*, vol. 3, núm. 21, primavera 2008.
- ESPINOSA G., F. J., *Malezas introducidas en México*, Proyecto U024. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2003.
- HARRISON, C. y J. Burgess. 2000, “Valuing nature in context: the contribution of common-good approaches”, en *Biodiversity and Conservation*, vol. 9. Londres, Kluwer Academics Publisher, 2000, pp. 1115-1130.
- IMTA, TNC, CONABIO, Arid America y GECI, *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México*. México, 2007.
- INEGI, *Carta de uso del suelo y vegetación*. México, 1980.
- INEGI-CONABIO-INE, *Ecorregiones Terrestres de México*. México, 2007.
- K. J., Gaston ed., “Biodiversity”, en *Blackwell Science*. Reino Unido, Oxford, 1996.
- LARSON, J. y L. Neyra, *Biodiversitas: Recursos Biológicos Colectivos*, núm. 53. México, Conabio, marzo de 2004.
- MILLENNIUM Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, World Resources Institute, 2005.
- MITTERMEIER, R. C., C. Goettsch y P. Robles, *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo*. México, Cemex, 1997.
- MYERS, N., coord., *El atlas Gaia de la gestión del planeta*. Londres, Hermann Blume, Gaia Books Limited, 1987.
- NATURE CONSERVANCY COUNCIL, *Environmental Protection. Act*. Reino Unido, 1990.

- PALACIO P., J. L. *et al.*, “La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario nacional forestal 2000”, en *Investigaciones Geográficas*, núm. 43. México, 2000.
- REDMAN, C. L., *Los orígenes de la civilización*. Barcelona, Crítica, 1990.
- SEMARNAT, *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. México, Semarnat, 2008.
- SRH, *A través de los informes presidenciales. La obra hidráulica*. México, SRH, 1976.
- URIBE, P., *Las mieles de Calakmul*, Tríptico. México, Conabio, 2008.
- VILLASEÑOR R., J. L. y F. J. Espinosa G., *Catálogo de malezas de México*. México, UNAM / Fondo de Cultura Económica, 1998.
- WORLD WILDLIFE FOUND, *Statewide Wetlands Strategies*. Wahington, Island Press, 1992.

Unidad 5

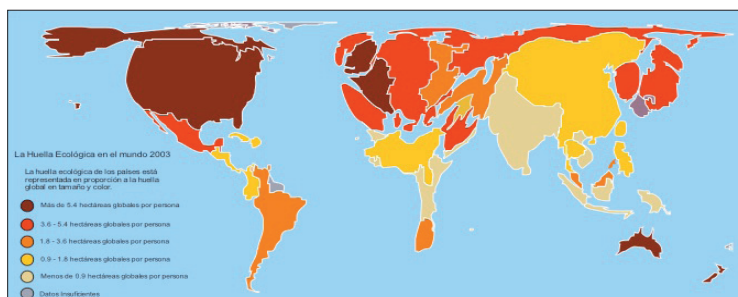
POSTURAS COGNOSCITIVAS, EDUCACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL

Posturas cognoscitivas ambientales: filosofías, ética y bioética

● JOSÉ SANTOS MORALES HERNÁNDEZ

Filosofías ambientales

Son grandes los retos que plantean los problemas medioambientales para los enfoques, parciales o especializados, y las acciones aisladas, por lo que se hace necesaria la instrumentación de acciones integrales sustentadas en el desarrollo de una visión holista, la generación y la inclusión de nuevos saberes y el trabajo multidisciplinario. De los mayores problemas que requieren una pronta atención destacan: el aumento en la velocidad de deterioro de la matriz ambiental de la que se depende, el crecimiento de la población en el mundo y la enorme desigualdad social y económica, los cuales conducen rápidamente a la civilización a una situación que disminuye o limita las posibilidades viables. Sarukhán (citado en Godínez, 2008:334-336) señala que el impacto de la acción humana sobre el entorno natural es muy grande. En este sentido, el mayor referente subyacente de esa problemática es la *huella ecológica*, que actualmente es de 2.8 hectáreas promedio, cuando, divididas de manera equitativa entre 6 500 millones de habitantes, debería ser de 2.1 hectáreas, lo que sobrepasa en 30 % la actual capacidad productiva de la Tierra; sin embargo, su distribución en algunos países es de 12.5 hectáreas por persona, y en otros de 0.5 hectáreas por persona; así, en la figura 1 resulta evidente que la huella ecológica de México en el mundo es grande. Los datos expuestos son causa y reflejo de una problemática ambiental y social aguda, y también de una acción extractora, explotadora, dilapidadora y violenta, que amenazan con convertirse en verdaderos desastres (Laszlo, 2004:1-10), lo cual lleva a plantear la pregunta, ¿cómo es y cómo debiera ser la relación y la distancia entre los seres humanos y la naturaleza?



Fuente: Adaptación de WWF. Living Planet Report, 2006.

Figura 1. La huella ecológica del mundo.

Esta situación obliga a la búsqueda de un enfoque integrador y holístico, como expresión del cohabitar, a partir del cual se construyan nuevos valores, que incluyan todas las voces, todos los enfoques, todas las formas de ser. Las filosofías o paradigmas ambientales, la ética y la bioética buscan, en su conjunto, entender y explicar la relación entre los seres humanos y su ambiente y, a la vez, orientar una nueva actitud reflexiva capaz de enfrentar las conductas inadecuadas y amenazantes al ambiente y a la vida en todas sus manifestaciones, las cuales tienen su origen en la carencia tanto de una conciencia ambiental como de los valores y las acciones que la sustenten; buscan también crear seres intencionales y responsables, que ni el medio ni la genética controlen, por lo que les interesa elaborar y hacer conscientes los principios, valores y normas de acciones adecuadas, las cuales podrán promover el desarrollo de un yo estable y trascendente que ejecute, substancialmente, las leyes y las normas para el cuidado del medio ambiente; y buscan, asimismo, plantear el compromiso de crear estilos más deliberados de evolución cultural en beneficio de la mayoría de los seres, frenando la actividad violenta e irreflexiva hacia la naturaleza.

El desarrollo de estos campos disciplinarios se referencia en las recientes investigaciones ambientales y en las formas en que el hombre percibe y se relaciona con la naturaleza, para ampliar o extender los fundamentos de la relación entre los seres humanos con las otras formas de vida y con la Tierra misma. En este sentido, el trabajo integrador,

sintético y holista de la geografía aporta elementos importantes a la conformación paradigmática que pueden ayudar, en forma consecuyente, a disminuir el frecuente rebasamiento de las normas y leyes que rigen en un territorio, contribuyendo al cuidado integral del medio ambiente. No obstante, tal expectativa plantea los retos de lograr la articulación necesaria con los distintos elementos, como la suficiente comprensión, sensibilidad, buena voluntad y disposición para traducirla y gestionarla de manera integrada en lo político, lo jurídico, lo cultural, lo económico y lo educativo.

Siendo el hombre un ser predeterminado, no terminado, que experimenta y comprende al mundo como una combinación de animal, computadora y fantasía (Tuan, 1977:5), y un ser complejo, con una capacidad de simbolización extraordinariamente refinada, resultado de un desarrollo biológico evolutivo, cultural, social y tecnológico, ¿cómo pueden las filosofías ambientales, la ética ambiental y la bioética, modelar o regular las facultades propias y dejar manifiesta en el ser humano la capacidad moral de imprimir a la vida principios y valores centrales, recuperar el sí mismo, reconocer al otro y lograr la conciencia geobiocéntrica que el mundo de hoy y del mañana necesitan.

Entre las filosofías ambientales, ecofilosofías (Ballesteros *et al.* 1997:251-268) o paradigmas ambientales se encuentran: 1. La ecología profunda, desarrollada por Arne Naess, comprende las normas: a) Autorrealización, que concibe un yo estrecho, socialmente programado, que hace al hombre presa fácil de cualquier novedad, cuya realización comienza cuando dejan de entenderse como egos aislados y estrechos en competencia, hasta identificarse con su especie. El trabajo real se resume como la realización del yo, donde el yo significa el todo orgánico; b) Igualdad biocéntrica, la cual consiste en captar que todas las cosas en la biosfera tienen el mismo derecho de vivir. Según Devall (en Valdés, 2004:227-230), cuando se tiene esta conciencia las necesidades vitales van más allá de los requerimientos básicos. 2. Ecofeminismo: el hombre, en su afán de dominación, considera a todo aquello ajeno a su género como los “otros” (mujeres, niños, pobres, negros, animales, bosques, ecosistemas, etc.), por lo mismo, no posee las capacidades para dar solución a cuestiones ambientales como la deforestación, la contaminación del agua, el cultivo y la

producción de alimentos o la disposición de toxinas y materiales peligrosos. 3. Desarrollo sostenible: reconoce que la naturaleza está al servicio del desarrollo humano y, al mismo tiempo, busca conciliar la ilimitada voluntad humana con la limitada capacidad de la naturaleza. 4. El ecodesarrollo parte de la idea de que el origen de los problemas ambientales son las desigualdades económicas y de consumo entre el Norte y el Sur, mientras que, para la postura del desarrollo sostenible, según Bellver (en Ballesteros, 1997:259), el origen es la pobreza, la carencia de tecnologías y las políticas de control natal, postura que comparte la ONU. Otra postura considera que la causa es la desigualdad generada por el sistema de acumulación capitalista, cuya solución está en la modificación de los hábitos consumistas, la redistribución de los recursos y la promoción del desarrollo autosuficiente y no dependiente.

Ética y ética ambiental

Ética y moral son conceptos filosóficos que se usan de manera indistinta; sin embargo, la ética remite a lo teórico, lo reflexivo y cognoscitivo; mientras que la moral a lo práctico o normativo. La ética “contiene principios, valores, ideales, metas y criterios universales que sirven de parámetros morales de la vida buena” (González, 2008:17), lo cual se constituye como su objetivo y el fin último del hombre. Posteriormente, se despliega como filosofía moral, con un cúmulo de principios, valores, ideales, metas y criterios que dirigen las acciones racionales del hombre, en cuanto éstas son libres y buenas o malas, y se distinguen de las morales hechas costumbre.

En Grecia antigua se referían a la ética como *ethos*, que era la virtud y el deber. Originalmente significaba caverna o morada, asociada con el interior, el alma, la identidad, que es también el carácter, la conciencia y la interioridad del ser, el corazón y el entendimiento que, unidos, son la sabiduría. Sócrates sentó las bases de esa búsqueda interior: “la ley está en mí, no fuera de mí”, y eso es lo que conduce a la *vida buena*, la cual determina la armonía interior y el sentido de la vida, que determinan actos libres y responsables de vivir bien en la sociedad; responsabilidad que es centro de apoyo de “las morales” de la sociedad y de

la conciencia de que “vivir es hacernos mejores cada día”. Así, la ética comprende la libertad, la racionalidad, la responsabilidad, la dignidad y el conocimiento del ser humano, que es la condición libre distintiva de éste, que se construye sobre la naturaleza física primaria, dándole sentido sin destruirla como “vida buena”, es decir, como vida propiamente humana que se hace con la experiencia adquirida con la cultura y el entorno histórico (Sánchez, 1999). El análisis y reflexión de estas consideraciones incluyen, de manera implícita, la relación hombre-naturaleza como un todo, y plantean la necesidad de su comprensión profunda que retome y conduzca la buena acción en esa relación.

La denominada ética ambiental surgió en la década de los setentas como una subdisciplina de la filosofía moral, en respuesta a las acciones de los seres humanos sobre otras especies, que afectaban la viabilidad de los sistemas ambientales necesarios para la propia especie, y también ante la necesidad de encontrar argumentos racionales de valor intrínseco al ambiente natural y sus componentes. Sus bases se encuentran en los planteamientos de la ecología, la antropología y otras ciencias; Boff señala que la ecología profunda es la que aporta e instauro valores geocéntricos o ecocéntricos; la ecología, por su parte, aportó el enfoque sistémico de la vida y las relaciones de interdependencia, en expresión de asociación, cooperación e integración, en las que se incluyen los seres humanos, y pone en alerta los peligros de la tecnología. Para Kwiatkowska e Issa (en Gurriá, 2007), la ética ambiental expresa la aspiración de “encontrar nuevos razonamientos morales para enfrentar la necesidad de transformar el modo en que los seres humanos ven al mundo natural y actúan en él; se mueve en un ámbito más amplio, pues fusiona las nociones de naturaleza y cultura y combina la dinámica de la evolución biológica con la de la sociedad”, incorporando, de esta manera, la responsabilidad permanente de cada ser humano de mantener, por un lado, los cruciales servicios ambientales y, por el otro, la relación con su entorno natural cuidándola con la recta razón y el recto comportamiento.

De acuerdo con Sarukhán (citado en González, 2008:349-350), esta ética presenta una vertiente ecológica y otra de relación entre humanos, cuyo desarrollo general ha sido importante para la construcción de normas y leyes que incluyen el respeto a la realidad plural y controver-

sial. Por otro lado, Wilber¹ (1997:431-432) señala cuatro grandes escuelas de axiología medioambiental: 1. Todo tiene un mismo valor —bioigualdad—, visión que es común entre ecólogos profundos y ecofeministas. 2. Los derechos de los animales están determinados por la diferencia entre los que sienten más —como los mamíferos— y los que sienten menos —los insectos—. 3. De acuerdo con la filosofía de Whitehead, las entidades más complejas son las que más derechos poseen. 4. El ser humano es el único que posee derechos, los cuales incluyen el respeto y la gestión de la tierra y de todos los seres. No obstante, respecto a estos distintos enfoques y vertientes, el mismo autor señala que la crisis medioambiental y el abismo cultural son un mismo problema, que no podrá superarse desde un punto de vista ego-céntrico o etnocéntrico, el cual no puede comprender y respetar las cuestiones globales a menos que se sienta amenazado, y agrega que “el punto de vista global, postconvencional y mundicéntrico, es el único que puede permitir el reconocimiento de las dimensiones reales de la crisis ecológica, dando la visión y la fortaleza moral necesarias para tratar de modificarlo”.

El desarrollo de la ética ambiental reclama alejarse de los enfoques antropocentristas y utilitaristas, al mismo tiempo que elabora diversas consideraciones ambientales, biológicas y humanísticas. El pensamiento ético de Leopold (citado por Valdés, *op.cit.*) incluye a la comunidad, los suelos, el agua, y cambia el papel de conquistador del ser humano al de miembro. Plantea que la ética de la Tierra refleja conciencia ecológica y responsabilidad individual por la salud de la Tierra, con la capacidad de renovarse por sí sola, y la conservación implica el esfuerzo por comprender y preservar esa capacidad. Rolston (citado en Valdés, *op.cit.*:69, 92) y Callicott (citado en Valdés, *op.cit.*:113-114) coinciden en la necesidad de cambiar el paradigma de la ética tradicional y sostener una teoría del valor que permita atribuir valor intrínseco a la naturaleza y a los ecosistemas, además, que propicie y legitime el valor de lo natural. Callicott busca este valor en la teoría de los sentimientos morales, cuando el ser entiende y acepta su pertenencia a una comuni-

¹ Ken Wilber es considerado uno de los más grandes teóricos contemporáneos de la conciencia.

dad y emerge un sentimiento moral hacia la biosfera. Asimismo, para Rolston, una ética incluyente necesita de razones biológicas y humanas para justificar los deberes hacia los ecosistemas. En este sentido, argumenta que éstos tienen un valor sistémico, en la medida que establecen las coordenadas en las que cada organismo puede moverse, establecen su conducta y fuera de las cuales no puede ubicarse una especie. No obstante, Cahen (citado en Valdés, *op.cit.*:171) señala que los *ecosistemas*, al no perseguir deberes y obligaciones, no tienen metas, por lo que no son objetos de consideración moral. En apoyo a la justificación moral de los ecosistemas, Goodpaster (citado en Valdés, *op.cit.*:62) considera que éstos tienen un valor intrínseco en la función de defender la vida. Por otro lado, Sprige (citado en Valdés, *op.cit.*:209-210) señala que si se quiere defender la tesis del valor intrínseco de la vida, habría que abrazar el valor intrínseco de la materia; estos valores podrán sustentar la conciencia ambiental moral de este equilibrio.

En el marco de una ética integral o global, las especies, con sus relaciones intrincadas, ya no se verían aisladas, sino como parte de los complejos sistemas biológicos que incluyen también objetos inanimados, resultado de largos y profundos procesos evolutivos. Por tanto, los ecosistemas se valoran como entidades productivas y selectivas que promueven el bienestar de los individuos (citado en Valdés, *op. cit.*:10, 11). Esta consideración supone cambiar el punto de vista clásico de la teoría del valor asumida por las éticas ambientales, la cual otorga valor intrínseco a los estados mentales, e instrumental a lo que produce algún placer o beneficio; en función de ello, los animales —las especies— no son valiosos en sí mismos, y la destrucción de un paisaje significa dañar a los animales y privar a los humanos del placer de admirarlos.

Para Rolston (citado en Valdés, *op.cit.*: 71-87) nada justifica valorar los sufrimientos en los humanos y no en los animales. Respetar la vida de ciertos animales o plantas por beneficio o placer tiene una base *se-miantropocéntrica*. El desarrollo de una ética incluyente o global requiere pasar de una lógica *hedonista* y humanista a una biológica, en la que las categorías psicológicas pierden su valor. Ninguna ética y bioética cumplirá su papel si no incluyen a las comunidades en las que se entrelazan todos los destinos, y consideran que éstas deben existir tanto por lo que son en sí mismas, como en cuanto son modificados por

la cultura, y donde la falta de un animal cúspide disminuye su integridad, estabilidad y belleza. Constituyen un sistema de información histórica que descubre y evalúa al mundo y se abre paso entrelazándose con su papel en el ecosistema. De esta manera, el contenido genético es un conjunto normativo, no un sistema moral, y el organismo es un sistema axiológico y evaluativo que defiende la vida.

El valor del individuo reside en la especie, por lo que su *extinción* es la muerte de las formas más allá de individuos, de las esencias; es la muerte del nacimiento y la muerte; tal desaparición es también la de la vida en la Tierra.

En palabras de Capra (citado en Valdés, *op.cit.*:54), la ética se refiere a la forma respetuosa de morar con la trama de la vida. Una trama que el hombre no tejió, sino es sólo una hebra; de manera que lo que le haga a la trama se lo hace a sí mismo; sin embargo, el problema es que nadie parece querer ser una parte y asumir las responsabilidades en el mantenimiento de esa trama. Por tanto, la nueva ética deberá incluir a los seres humanos, las especies, la sociedad y el medio ambiente; buscará reconocer y recuperar el sí mismo y el otro sí mismo que comprende lo biótico y lo simbólico, lo cultural, las especies, los ecosistemas, la Tierra y el Universo; transformará la actitud humana de dominio en la de relación y pertenencia, y comprometerá las actitudes y comportamientos humanos con el sistema total de vida.

Más aún, en los nuevos campos de la biología cuántica y de las investigaciones cuánticas sobre el cerebro, los seres vivos no son tan sólo sistemas bioquímicos, sino también sistemas cuánticos macroscópicos. Esto resulta de gran importancia ya que, si el mundo es integral y está interconectado, entonces los seres humanos son una parte integral e interconectada del planeta. De esta manera, cada organismo es coherente con el entorno que le rodea mediante una correlación flexible y precisa, formando un todo integrado. Esta interconexión fundamental es la nueva comprensión de que todo lo que sucede en una parte afecta a lo demás y que todos los sucesos son globales (Laszlo, 2007:66)

Desde el punto de vista individual y social, los fundamentos éticos son un criterio que sirve al hombre para orientar y elegir su propia conducta, la cual utiliza una variedad de criterios orientadores: el placer y los instintos, las normas inconscientes, la presión social, las normas

morales y civiles, los valores apreciados por sí mismos y el Yo profundo. Este último es el núcleo del ser humano, es el plano del ser, es el sentido de mayor responsabilidad, es cuando la conducta se vuelve más propia y el sujeto se responsabiliza de ella con mayor facilidad. En este núcleo residen los valores propiamente humanos, comunitarios, con validez universal. Este Yo profundo representa el valor intrínseco del ser humano, desde donde puede actuar y extender su mirada al mundo, más allá del individuo. Por ello resulta de trascendental importancia su fortalecimiento e instrumentación. En relación con estos criterios de conducta, la ética profesional tiene un lugar importante en el cuidado y manejo del medio ambiente ya que, en virtud de su profesión, el sujeto ocupa una situación que le confiere deberes y derechos especiales. La vocación, uno de sus componentes, guía las cualidades de la persona y las circunstancias con la finalidad de la profesión, distinguiendo con los valores el beneficio propio y la acción ética profesional. Como parte de este contenido ético, el profesional debe ofrecer una preparación especial en sus capacidades intelectuales, morales, físicas y sociales.

Bioética

Desde que la bioética fue acuñada en los años setentas por Van R. Potter, 1971, ha tenido importantes repercusiones en distintas direcciones y niveles. De acuerdo con González (2008:22), la bioética no se perfila como una rama de la filosofía, ni de la ética, y su ética no sólo es filosófica, sino una reflexión del propio quehacer. Así, su filosofía reúne la parte *fenomenológica*, la *dialéctica* y la *ontológica*, y lo humano del hombre es la línea del horizonte que delimita y define las diferencias de valor, apuntando a la preservación de la vida y al ejercicio del *ethos* o segunda naturaleza. Constituye un campo de síntesis interdisciplinario que busca investigar sin dañar, actuar sin discriminar, mejorar la naturaleza sin afectarla. De esta manera, la ética imprime bondad, valor y sentido a la vida, haciendo vida buena; y la bioética otorga moralidad de bondad a las nuevas posibilidades de la vida.

Perfilándose como una disciplina científica, en su origen tuvo una base biológica ecológica, y se desarrolló como una extensión de la

ética clásica a las obligaciones morales entre los seres humanos y de éstos con las demás especies y con el planeta. Derivó de la conciencia moral, de la consideración crítica —con valores éticos—, de los problemas de atención a la salud, de la investigación biológica y biomédica y de problemas histórico-sociales como las guerras, el hambre, la pobreza, etc. Por lo tanto, se enfoca a todos los problemas morales que tienen relación con la vida en general, y se funda en hechos y razones (*ibid.*: 34). Su desarrollo apunta a una ética global que atiende a una sociedad en crisis cuyo futuro parece quedar en manos de la ciencia y la tecnología, y extiende su mirada al cuidado del medio ambiente, la biosfera y el bienestar de las generaciones futuras, las relaciones públicas, problemas de inmigrantes, discriminación, calidad de la vivienda, pobreza, identidad y toma de decisiones, entre otros.

Su concepción unificadora e integradora concilia aspectos científicos, sociales y humanísticos, teoría y práctica, propiciando la normatividad de los hechos y de los problemas globales y locales. Para Viesca (en *op. cit.*: 54) este quehacer constituye a la bioética como puente entre las ciencias, el desarrollo tecnológico y las humanidades. Esa amplitud deberá reconocer también los intereses y los cuestionamientos del individuo, que es el origen y fin de su reflexión y quehacer, evitando con ello la imposición de su humanidad al otro, y convertir su vida en norma. Siendo los derechos humanos el núcleo ético de la bioética, ésta busca trascender la tecnología sin conciencia y sin humanismo, y el humanismo sin tecnología; trata de recuperar al hombre para recuperar la vida. Su aspecto filosófico busca consensos y principios morales universales que no pueden ir en contra de la pluralidad.

Stephen Hawking (2008) ha pronosticado que los avances para decodificar completamente la secuencia del genoma humano “permitirán, durante el próximo siglo, descubrir cómo modificar la inteligencia o instintos tales como la agresividad” y añade que eso podría generar que “algunos no sean capaces de resistir a la tentación de mejorar características humanas como el tamaño de la memoria, la resistencia a enfermedades o la duración de la vida”, pero advierte que, con la aparición de esos “superhumanos”, podrían surgir “problemas políticos graves con los humanos no mejorados, incapaces de competir”.

Declaraciones y acciones

Las declaraciones tienen su referencia en las filosofías ambientales y sintetizan los nuevos modos de interpretar las relaciones humanas; así, la Conferencia General de la UNESCO (2008) aprobó, en octubre de 2005, la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (2008), en la cual, por primera vez en la historia de la bioética, los estados miembros se comprometían, y con ello comprometían a la comunidad internacional, a respetar y aplicar los principios fundamentales de la bioética reunidos en un único texto. En esta declaración resultan interesantes el artículo 17 sobre protección del medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad y el artículo 18 de la adopción de decisiones y tratamiento de las cuestiones bioéticas, que hablan sobre la necesidad del conocimiento y manejo respetuoso del medio ambiente.

Actualmente la UNESCO cuenta con el Comité Internacional de Bioética, el Comité Intergubernamental de Bioética y Comisiones de Bioética en casi todos los países. México, por su parte, cuenta con la Comisión Nacional de Bioética, creada en 1992, además de 20 comisiones estatales, y cada hospital o centro de investigación tienen comités de ética y bioética con sus códigos y estatutos; así, también se imparten continuamente cursos en los distintos niveles de la educación. En 2005 se emitió el decreto presidencial que hace de la CNB un órgano desconcentrado. Recientemente, el Centro del Conocimiento Bioético elaboró el documento: *La Comisión Nacional de Bioética: su entender y su quehacer*, para desarrollar la cultura bioética en el país, el cual pondrá también a la disposición de todos, información sobre los perfiles bioéticos de interés individual o institucional. En este mismo esfuerzo, señala Soberón (en González, 2008:184-188), México promueve Latinoamérica una estrategia común que incluye aspectos del medio ambiente y sociales.

Filosofía, ética, bioética y geografía

Es bajo una estrecha vinculación política, jurídica, social, educativa y científica, con desarrollo laico y no coercitivo, que la ética, la bioética

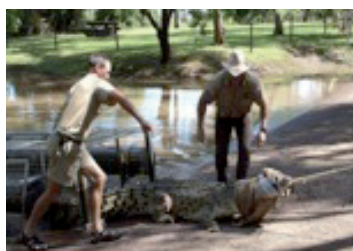
y la educación ambiental con las filosofías ambientales podrán propiciar estilos de vida deliberados, propios, amigables y justos, con mayores posibilidades para todas las formas de vida.

Los planteamientos y acciones de estos campos disciplinarios adquieren relevancia, por ejemplo, cuando el geógrafo firma y avala proyectos que, sin darse cuenta o fuera de los contextos adecuados, pueden vulnerar o atentar contra el ambiente; cuando busca la justicia territorial para construir mejores contextos sociales, en la búsqueda de mejores coordinaciones, manejos, decisiones y propuestas asertivas; para mejores análisis, planificaciones y evaluaciones; en la detección de áreas y relación de variables; en los estudios sociales de comportamiento; en la definición y manejo de micro y macro escalas; en el qué, para qué y por qué de la educación y la enseñanza del medio ambiente; para los fundamentos de gestión; en la solución de problemas sociales por nuevas plagas, en la extinción de especies y de refugios ambientales —que significan denigración, inseguridad y pobreza— derivados, en gran medida, de la degradación del ambiente, del efecto invernadero y del cambio climático.

En el contexto medioambiental son muchos los ejemplos relacionados con el manejo inadecuado de los animales, de las plantas, del suelo y del agua —elementos fundamentales del ambiente—; así como con el impacto, a diferentes escalas, que tienen los patrones de producción y de consumo, sobre el ambiente y los ecosistemas; y otros numerosos casos más. En términos generales, estas problemáticas demandan cuidar o incrementar necesariamente la protección de los nichos biológicos, las especies en peligro de extinción, el manejo cuidadoso de organismos transgénicos, el mejoramiento de las condiciones y el desarrollo de estilos de vida humanos menos impactantes y más equitativos con el ambiente, mayor planeación del uso de la tierra y la dotación de agua potable, entre otras muchas acciones. Todas y cada una de estas demandas pertenecen, total o parcialmente, al campo de compromiso y acción de la geografía, en los cuales subyacen los valores éticos y bioéticos, que determinan los hechos individuales, sociales y ambientales que deberán comprometerse e ir más allá de un ambientalismo al servicio del capitalismo, a la vida misma (véanse fotos 1, 2 y 3).



Foto 1. ¿Cómo pueden contribuir la ética, la bioética y las filosofías ambientales para lograr un sentido de equidad y justicia en el mundo?



Fotos 2 y 3. ¿Cómo pueden contribuir la ética, la bioética y las filosofías ambientales para lograr una relación amigable hombre-naturaleza?

Estudio de caso

En el proceso de asimilar y desarrollar de manera práctica estos planteamientos se debe buscar y promover, de manera explícita, el cuidado del medio ambiente en el marco de la buena convivencia. En el compromiso de lograr objetivos específicos de algunos programas de estudio, y con la responsabilidad que tiene el docente en la formación y desarrollo humano del estudiante, es conveniente que en el salón de clase se señale la importancia de apagar la luz durante el día, de dejar ordenado el salón al terminar la clase, etc. Asimismo, que se promueva, mediante actividades extracurriculares, la reutilización y el reciclado, con la elaboración de objetos de uso cotidiano; listados de menor consumismo, de consumo ético, ahorro de energía y de agua y, también, compromisos puntuales orientados al diseño de estilos de vida menos dañinos y más eficientes.

Continúa

Continuación

En el mismo sentido, realizar ciclos de actividades artísticas y culturales que incluyan las temáticas del cuidado al ambiente, la ética, la bioética y la educación, entre otras, para contribuir al mejoramiento y conservación del ambiente.

Actividades complementarias

1. ¿Cuáles son los principios en los que se basa el actual modelo de desarrollo de México? y, ¿en qué forma lo fortaleces o lo debilitas con tus acciones?
2. ¿Qué impacto ha tenido el actual modelo de desarrollo sobre la naturaleza y la vida de las personas?
3. ¿Qué características tendría la sociedad que deseas y, para ser parte de ella, cómo y con qué puedes contribuir?
4. ¿Cuál ha sido el desarrollo conceptual de la ética y la bioética?
5. ¿Cuáles son algunas aportaciones de la ética y la bioética ante los retos que plantean los problemas ambientales y sociales?
6. ¿Qué significado histórico cultural tendrían la ética y la bioética en el marco de la crisis ambiental y social que se vive?

Páginas de internet recomendadas

<<http://portal.unesco.org>>.

<www.clubdebudapest.com, www.club-de-budapest.com>.

<<http://www.uamcav.uat.edu.mx/docs/direccion/Codetipro.pdf>>.

<http://www.bioetica.catedraunesco.unb.br/htm/X%20-%20htm/biblio/htm_RBB/RBB%202-4/Art01.pdf>.

<http://portal.unesco.org/shs/es/ev.php-URL_ID=7106&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html>.

La actividad humana siempre ha modificado al medio ambiente, pero con el desarrollo tecnológico, que ha respondido a un modelo eminentemente de extracción y de depredación, aumentó de forma significativa su capacidad de acción sobre la Tierra, lo cual ha sido causa de grandes transformaciones del ambiente y de los peligros que actualmente se enfrentan tanto a nivel local como global.

La resultante de esta actividad es una crisis ambiental mundial que se encuentra, en palabras de González (2007:14), relacionada con la pérdida de valores, de identidad, pero también con la crisis económica, social y política. Esta crisis socio-ambiental cuestiona el modelo de desarrollo dominante y su visión mecanicista del mundo, y reclama también la necesidad de una educación que valore y respete al ambiente y fundamente una sociedad más humana y perenne, con una visión holística, cuyos valores éticos, compromisos y responsabilidades conscientes sustenten las acciones humanas, que son la raíz de esta crisis.

La protección del medio ambiente ha estado fundamentalmente centrada en la salud y en el bienestar del ser humano, por lo que es de interés principal trascender el punto de vista antropocéntrico, ya que su vida no está aislada ni separada, sino enraizada en un todo que es el planeta mismo, por lo que su continuidad sólo es posible en ese todo.

Así, el reto de los gobiernos y de la sociedad es continuar desarrollando, adaptando y articulando los marcos cognitivo, jurídico y de acción local y global, para comprender las causas subyacentes de esta crisis y encauzar las acciones de solución a través de la educación ambiental (EA). De acuerdo con Toledo (en González, *op. cit.*:15-28) esta posibilidad podrá vislumbrarse con el advenimiento de una conciencia de especie, la cual otorga a los seres humanos una nueva

percepción del espacio y del tiempo, que trasciende la visión estrecha actual y puede inducir y conducir la buscada acción proactiva.

Para la UNESCO (2008) la educación ambiental (EA) incrementará sus mejores logros en función de la adecuada integración y el buen manejo de conocimientos científicos prácticos y de experiencias tradicionales, así como del trabajo responsable y cohesionado asumido por los distintos sectores.

“El tema más importante, si queremos salvar a la Tierra, es educar.”
Peter Scott, uno de los fundadores de WWF¹

“El hombre pertenece a la Tierra, no la Tierra al hombre.”
Jefe Indio de Seattle

¿Qué se entiende por educación ambiental?

El proceso que ha tenido la EA en 30 años de historia apunta fundamentalmente a la reconstrucción de la red de relaciones entre las personas, los grupos sociales y el medio ambiente. En la práctica, esta orientación demanda ir más allá de enseñar, escribir o hablar de sus conceptos, de adiestrar o instruir; a este respecto, González (1993:75) señala que la EA no sólo debe difundir explicaciones sobre problemas ambientales, sino estimular la formulación de interpretaciones propias, ligadas a “una pedagogía de la posibilidad, la esperanza, la convicción y el compromiso”, para convertirse en una herramienta de conciencia ambiental, un instrumento estratégico para prevenir el deterioro ambiental, y un estímulo de la participación ciudadana, a partir de los conocimientos proporcionados y los valores, capacidades y actitudes desarrollados. De esta forma, la EA busca la solidaridad, la participación, el respeto a la diversidad, la responsabilidad de los propios actos, así como la paciencia, humildad y confianza en la capacidad de cambio, con lo que

¹ World Wide Fund for Nature que es una organización conservacionista, cuyo logo es un oso panda, animal en peligro de extinción, que es conocido en todo el mundo y supera las barreras del lenguaje.

puede integrarse en un proceso consciente y constante, abarcando lo local y lo global, lo individual y lo colectivo.

La Unión Internacional para la Naturaleza (UICN) considera a la EA como un proceso que consiste en reconocer valores y aclarar conceptos, con objeto de fomentar las aptitudes y actitudes necesarias para comprender las interrelaciones entre el hombre, su cultura y su medio físico. Evidentemente, este proceso requiere primero de la toma de conciencia, de un código de referencia de la calidad ambiental, del sólido conocimiento de la estructura y funcionamiento del ambiente y de la reflexión clara sobre los estilos de vida humanos que se quieran o puedan tener. En este sentido, si la EA es una respuesta a la problemática ambiental, el desarrollo de sus objetivos y metas guarda una estrecha relación con el modelo o propuesta que enfrente esta problemática en sus dimensiones locales y globales; de esta manera, su desarrollo actual está fuertemente ligado con la controvertida búsqueda del desarrollo sustentable (Ballesteros, 1977:33-48), que busca conciliar lo social, lo tecnológico y el progreso económico con la conservación de la naturaleza y el balance entre las generaciones actuales y las futuras (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Comisión Brundtland, 2008).

Por lo tanto, el desarrollo y posicionamiento de la EA estará determinado por la fuerza de su directriz primordial, la cual será definida, en gran medida, por el estilo de vida que la sociedad quiera y pueda tener, y la distancia que ésta tenga con la apremiante necesidad de un modelo ambiental holístico, geocéntrico.

Emergencia del concepto de educación ambiental

Como una respuesta al reconocimiento gradual de un problema ambiental, el concepto de la EA nace en los años setentas del siglo XX; para los ochentas ya se aceptaba que la educación ambiental era resultado del deterioro del ambiente, por lo que se empezó a incorporar en la educación, al mismo tiempo que los temas urbanos, éticos y políticos.

Fue en Estocolmo, en 1972, cuando con la participación de 113 países se realizó la Primera Conferencia Internacional del Medio Am-

biente, en la que se reconoció la importancia de cuidarlo y de atender los problemas que lo afectan. A partir de ese año, organismos internacionales y gobiernos del mundo, como el de México, han establecido, en distintos niveles, numerosos programas, propuestas, estrategias y leyes que atienden, con mayor o menor éxito, los principios y acuerdos planteados en esa primera reunión y en otras que le han sucedido.

La lista de reuniones internacionales (Marcano, 2008) que son la referencia principal de la EA incluye: Belgrado (Yugoslavia, 1975), Tibilisi (URSS, 1977), Moscú (URSS, 1987), Río de Janeiro (Brasil, 1992) (Cumbre de la Tierra, Foro Global Ciudadano), Guadalajara (México, 1992) (Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental). Otras reuniones de importancia regional son: Chosica, Perú 1976; Managua 1982; Cocoyoc, México 1984; Caracas 1988; Buenos Aires 1988; Brasil 1989 y Venezuela 1990; el Informe Bruntland, 1987; La Conferencia sobre el Efecto Invernadero de Kyoto (Japón, 1997); la Tercera Cumbre sobre la Tierra en Johannesburgo (Sudáfrica, 2002); la Carta del Medio Ambiente (2005).

De manera general, en estos foros se reconoce la necesidad de definir conceptos, metas, objetivos, principios y programas, de aumentar la conciencia del público y fomentar la capacitación, y se acuerdan y se señalan los principios orientadores para el cuidado y manejo del medio ambiente. Se hace énfasis en la participación de los distintos sectores en la solución de los problemas ambientales, y en la orientación de las políticas hacia una repartición equitativa de las reservas mundiales.

El desarrollo de la EA incluye, dice Sauv   (en González, 2007:39), varias corrientes y posturas que manifiestan la complejidad de la relación sociedad-naturaleza. En consecuencia, el concepto de EA ha tenido, progresivamente, distintos enfoques (Foladori, 2000), que incluyen los de conservación, biológicos, de salud, bienestar y materiales, políticos y éticos, los cuales podrán ser trascendidos o reforzados con la emergente *conciencia de especie* y su inherente visión holística.

El *ecodesarrollo* parte de la idea de que el origen de los problemas ambientales son las desigualdades económicas y de consumo entre el Norte y el Sur; mientras que el desarrollo sostenible reconoce que la naturaleza está al servicio del desarrollo humano y busca conciliar la ilimitada voluntad humana con la limitada capacidad de la naturaleza.

Por su parte, Pulido (2006) señala que el concepto de desarrollo sustentable en México es mera retórica política y promesa electoral, y forma parte de una política ambiental con rezagos y sin continuidad, la cual es causa de la destrucción constante y acelerada de los ecosistemas.

Otros enfoques consideran responsable de la problemática ambiental al sistema económico predominante en el mundo, lo que para otros, como la ONU (2008), es la pobreza y el crecimiento de la población; unos más le dan importancia a la interdependencia que tiene el ser humano con la naturaleza; mientras que para Ballesteros (1997) la principal causa no es la pobreza, sino el consumismo, por lo que más bien debe fomentarse el desarrollo autosuficiente y no dependiente, la modificación de los hábitos consumistas y la redistribución de los recursos.

De esta forma, la integración de nuevos y diversos conocimientos de la geografía, junto con los de otras áreas y disciplinas, han dado paso a reconocer que el ambiente integra lo natural, tecnológico, social, económico, político, moral, cultural, histórico y estético. Este concepto de ambiente integrado ofrece a la EA posibilidades mayores de visión y de acción.

La educación ambiental (EA) en México

En América Latina, tras decenas de años, reuniones y declaraciones, los avances que la EA ha tenido en su historia no han sido suficientes para posicionarse significativamente en los contextos educativos generales. Su desarrollo en esta región ha enfrentado la resistencia de un sistema educativo de estructura rígida y cerrada, un currículo centrado en las disciplinas y un docente que es sujeto de una prevaeciente problemática de tipo burocrático, social, económico y político, situación que, para Muñoz-Pedrerros (en González, 2007:179) parece una consecuencia de “atender más a lo cognitivo que a los valores”. Por otro lado, enfrenta también cambios en los procesos locales de los métodos de producción y los patrones de consumo, los cuales podrían legitimar los riesgos que pueden causar los derechos de los contaminadores que dañan al ambiente. A nivel mundial, la EA “vista por los educadores

como una cuestión ambiental y por los ambientalistas como una cuestión educativa” (*ibid.*:112), ha limitado la articulación de objetivos y metas para mayores logros significativos.

González (*op. cit.*) integra en su obra trabajos que reflejan la riqueza cultural y los diversos procesos locales regionales a partir de los cuales han surgido iniciativas y experiencias que amplían y fortalecen los contenidos de la EA, y afirma que en México las organizaciones ambientales han ganado presencia en espacios públicos y privados; sin embargo, no han logrado el posicionamiento deseado. Sin duda alguna, para Arias (*op.cit.*, 241) estas organizaciones podrán acercarse a dicha meta mediante programas educativos evaluados y continuos, elaborados con y desde enfoques holísticos, prácticos, funcionales y específicos, con sólidas bases científicas y pedagógicas. En esta dirección, las Escuelas de Calidad en México² (SEP, 2008) se proponen fomentar la participación práctica de los estudiantes acerca de los problemas cotidianos.

A partir de 1970 la agenda internacional medioambiental incluyó la educación en lo legislativo, convirtiéndose en responsabilidades específicas para los gobiernos. Se constituyeron también diversos organismos no gubernamentales que trabajan activamente con programas en el ámbito no formal y que se vinculan con organizaciones comunitarias y establecimientos educativos a nivel local. A partir de 1990 las acciones no gubernamentales se unen a la creación de la institucionalidad pública ambiental, cuya política es generar programas de educación sobre este tema (Leff, 2001).

En México existen alrededor de 500 instituciones, organismos y grupos sobre desarrollo sustentable y educación ambiental que realizan gran cantidad de actividades, las cuales se amparan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Asimismo, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PNMARN, 2008) busca satisfacer la sustentabilidad a través de 14 dependencias

² La Secretaría de Educación Pública (SEP) emitió las reglas de operación del Programa de Escuelas de Calidad, cuyo objetivo es instituir en las escuelas públicas de educación básica beneficiadas por el programa, un modelo de gestión con enfoque estratégico orientado a la mejora de los aprendizajes de los estudiantes y a la práctica docente que atienda con equidad a la diversidad, apoyándose en un esquema de participación social, de cofinanciamiento, de transparencia y de rendición de cuentas.

y entidades del gobierno federal, incrementar entre 66 y 100 % la atención a la denuncia popular en materia ambiental e informar a la ciudadanía respecto al estado de los recursos naturales. La Semarnat, a través del Centro de Educación Continua para el Desarrollo Sustentable dirige y coordina procesos de educación, capacitación y comunicación, para la preservación del equilibrio ecológico, la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del país, y para contribuir a la formación de una sociedad informada, sensible y consciente del medio ambiente, con la capacitación para el desarrollo sustentable, la educación ambiental y la comunicación educativa. Para ello cuenta con programas estratégicos y específicos sobre líneas temáticas definidas (Semarnat, 2008).

Cabe mencionar que, a pesar de la legislación existente y de los programas instrumentados en materia de medio ambiente, México pierde anualmente entre 600 000 y 1 000 000 de hectáreas de bosque; se han contaminado las aguas de 50 de los 100 ríos más importantes del país; en los últimos 20 años se han disminuido en 30 % las selvas tropicales de México y se han extinguido 15 especies de plantas y 32 especies de vertebrados. Una importante proporción del aprovechamiento de los recursos naturales se realiza al amparo de permisos, licencias y autorizaciones expedidos conforme a la legislación y normatividad en materia de medio ambiente y recursos naturales; asimismo, se estima que 35 % de las irregularidades y actos ilícitos en materia ambiental ocurren debido al mal uso y manejo de este marco legal. Muchos de los instrumentos jurídicos —leyes, reglamentos y normas— que han surgido no son claros, o son sujetos de una aplicación discrecional, otros no son aplicables, se traslapan, o carecen de precisión y coordinación (Galindo y Loa, 1998:241).

Los objetivos de la educación ambiental

Los objetivos de la educación ambiental son:

- Ser una directriz primordial de la comprensión y solución de los problemas ambientales.

- Diseñar y adoptar nuevos códigos de conducta y de comportamiento, con responsabilidades éticas hacia el ambiente.
- Formación permanente de la ciudadanía para que reconozca y adquiera valores, desarrolle hábitos, habilidades, capacidades y actitudes de buena convivencia entre los seres humanos y de relación armónica con el medio ambiente.
- Desarrollar las capacidades necesarias para la resolución de problemas presentes y la prevención de problemas futuros.
- Promover los valores de la solidaridad, la cooperación, el respeto a la diversidad, la participación, la responsabilidad, la humildad, la paciencia y la confianza en la capacidad de cambio.
- Promover las habilidades para enseñar a otros a que hagan lo mismo.

De manera correspondiente, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), plantea:

- Promover el intercambio de ideas, información y experiencia entre países y regiones.
- Promover el desarrollo y coordinación de trabajos de investigación.
- Elaboración y evaluación de nuevos materiales y planes de estudio.
- Tener un adiestramiento y actualización del personal clave.
- Proporcionar asistencia técnica a los Estados miembros para el desarrollo de programas de EA.

Un enfoque territorial de la EA puede facilitar o inducir comportamientos responsables mediante la toma de conciencia y el cambio de hábitos; para este logro la educación ambiental debe ser un proceso integral en el que intervengan los sectores político, pedagógico y social, entre otros, para propiciar y apoyar la participación activa mutua de toda la población (UNESCO, 2008b)

Componentes de la EA

Nicholas Smith-Sebasto (2008) establece que la EA se compone de cuatro elementos y niveles: I. Fundamentos ecológicos. Es la instruc-

ción científica básica para que la gente aprenda las bases de la vida en su entorno; II. Concientización conceptual. Las acciones humanas afectan las reglas, y el conocimiento de éstas puede ayudar a guiar las conductas humanas; III. Investigación y evaluación de problemas. Ello implica aprender a investigar y evaluar problemas ambientales; IV. Capacidad de acción. Se instruye a las personas en las habilidades necesarias, proactivas, para la solución de problemas ambientales presentes y su prevención.

Actores de la educación ambiental

En México se han establecido cinco actores principales identificados muy claramente por la Semarnap, dentro de sus lineamientos estratégicos promulgados en su Plan Ambiental 1995-2000: el sector académico, el sector social, el sector gobierno, la iniciativa privada y las organizaciones no gubernamentales.

Participación educativa

Enkerlin y Madero (1997) señalan a la educación formal y la educación no formal como las participantes importantes para el desarrollo de la EA. La *educación formal* es la que se imparte dentro de los planes escolares de los diferentes niveles educativos, y está diseñada para fortalecer el conocimiento de los temas ambientales. En el Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, realizado en Guadalajara en 1992, se estableció concebir a la educación en general como un proceso de técnicas que incluye la participación de los estudiantes; que los programas de educación ambiental en las escuelas deben desarrollarse a partir de investigaciones regionales y ser evaluados después; fomentar la formación de los profesores como educadores ambientales, entre otros puntos.

La *educación no formal* se lleva a cabo de manera planeada pero flexible, en instituciones y organizaciones al margen de la educación formal. Es lo que una persona adquiere de la familia, los vecinos, las

visitas a museos, las salidas de campo, los programas de radio o televisión, etc. La finalidad de esta educación es la persona informada y sensibilizada, dispuesta a participar en la resolución de los problemas ambientales, no obstante, es importante señalar que un cambio de conducta requiere más que información y buenas intenciones.

La *educación informal* comprende los conocimientos, aptitudes y valores que se transmiten a toda la población a través de los medios de comunicación, de manera no planificada o, inclusive, involuntaria. Este tipo de educación puede ser tanto o más importante que la educación formal, debido a su alta incidencia y eficacia en transmitir y producir respuestas de la gente y también porque no todas las personas tienen la oportunidad de asistir a la escuela.

En la actualidad hay numerosas campañas y actuaciones, promovidas por diferentes agentes, desde instituciones (Presidencia, 2008; Semarnat 2008) hasta sindicatos y ONG, que alertan sobre la necesidad de cambiar los hábitos de consumo para frenar y revertir la degradación ambiental. Muchas inciden en la participación forzada, otras intentan provocar un cambio de actitud, incitando a la reflexión y sensibilización sobre las verdaderas causas de estos problemas y su solución.

De manera general se puede decir que para estos tres canales de la educación ambiental resulta de interés fomentar la participación e implicación del sujeto-grupo, para saber y poder distinguir la teoría de las buenas intenciones de las acciones, promover la cooperación articulada y el diálogo entre individuos e instituciones, igual que estimular y desarrollar redes de trabajo (véanse fotos 1, 2 y 3).



Fotos 1, 2, y 3. Las salidas de campo con los alumnos muestran una forma de participación de la educación,

Áreas convergentes de la educación ambiental y la geografía

Biodiversidad. Comprende los recursos agua, suelo y energía; la contaminación de agua, tierra y aire; la sobrepesca; población, salud, planificación de la vivienda, vialidades eficientes, estilos de vida y otros tópicos urbanos; el consumo, el comercio de impacto ambiental; ley, gestión y gobernabilidad, justicia ambiental; cogestión, producción sostenible, agricultura sostenible, manejo integral de los espacios, y otros tópicos emergentes que se han ido incorporando al discurso ambiental (Medellín y Nieto, 2000).

Algunas reflexiones

Con la excepción de algunos casos aislados se puede decir que, en México, la EA ha sido, en el mejor de los casos, una asignatura con prácticas ecológicas y también un instrumento de transformación de los valores y la visión *antropocentrista* de la sociedad. Según Leopold (en Valdés, *op. cit.*:30, 43), “se habla de educación ambiental, pero cada vez tenemos menos suelo, menos bosques, menos agua, etc.”, “... no inculcan una profunda conciencia de preservar la integridad, la estabilidad y la belleza de las comunidades”.

Por tanto, la EA debiera ser el instrumento para cambiar la forma de ver y vivir en el mundo, y no solamente como una disciplina. Patricia Nogueira (2004:88) propone ambientalizar la educación, para lo cual se necesita retornar al ser en sus formas de ser. Esta idea se fundamenta en una ética profunda en sus raíces humanas y naturales, y amplia, dinámica y holista en sus contenidos. Esto significa extender la consideración moral a los sistemas intrincados (Valdés, *op. cit.*:9), lo cual otorga la conciencia de que se forma parte de una estructura biótica altamente organizada. Sin esta conciencia, de nada sirve imponer deberes ecológicos u obligaciones morales; y sí se acerca a la idea de conservación de Leopold, y al deseo actual de sostenibilidad, en el sentido de no interferir con la capacidad natural de la Tierra para auto-renovarse. Ello significa cambiar la ética que se ocupa sólo de los seres humanos y de los beneficios o daños sobre el uso del medio

ambiente; esta comprensión permitirá enfrentar mejor los actuales problemas ambientales con medidas aisladas, ya sean pedagógicas, demográficas o tecnológicas, entre otras.

Esta breve revisión de la EA permite dimensionar las posibles relaciones y aportaciones mutuas que guarda con la geografía. En esa reciprocidad se encuentran marcos cognitivos y metodológicos, herramientas filosóficas y prácticas; el pensamiento sistémico, humanista y cultural y el compromiso humano en la relación hombre-naturaleza, entre otros. De esta manera, los planes y programas de educación ambiental podrán ser evaluados en función de los cambios sustanciales en los hábitos, actitudes y comportamientos de la personas y en la mitigación de los problemas ambientales.

Estudio de caso

En el estado de Michoacán la comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, a través de la empresa denominada “Centro Ecoturístico Pantzingo” (Pantzingo, 2009), realiza turismo alternativo. Esta actividad permite desarrollar la aventura, el aprendizaje, la recreación y la diversión con un propósito social, económico y ambiental, desarrollando un aprovechamiento sustentable de los recursos humanos y naturales.

Pantzingo es un área natural en la que se crían venados cola blanca; el lugar ofrece cabañas para dormir entre pinos y senderos. La posesión total de la comunidad es de 18 138 hectáreas, de las cuales alrededor de 11 000 corresponden a plantaciones forestales. En esta superficie se tiene un volumen aproximado de 30 000 metros cúbicos anuales, principalmente de pino, pero también se cultivan encinos y pinos del tipo oyamel. La comunidad tiene ya en recuperación más de 1 200 hectáreas de reforestaciones, a través de plantaciones, y unas 600 hectáreas como áreas de protección a manantiales y cuencas.

Actividades complementarias

1. Elaboren en grupo un listado de los problemas ambientales y sociales locales, y otra de los mundialmente sobresalientes. Reflexionen en cuáles de éstos participan de manera directa e indirecta y propongan acciones proactivas específicas individuales y grupales.
2. A partir de la lectura de la carta del Jefe Indio de Seattle al presidente de los Estados Unidos, desarrollen una dinámica de reflexión relacionada con los problemas actuales y elaboren una lista de las ideas para la educación ambiental.
3. Clasifica los alimentos de mayor consumo individual y familiar. Investiga y reflexiona en grupo sobre su contenido, procedencia, manufactura y los efectos locales que tienen estos productos en el ambiente.
4. Discutan en grupo los beneficios y adversidades económicas, sociales y ambientales de la producción y consumo de biocombustibles.
5. ¿Cuál es la justificación de la EA?
6. ¿Cuáles son algunos antecedentes y acciones de la EA?
7. ¿Qué retos enfrenta la EA?
8. Investiga y comenta en clase algunos programas de educación ambiental por parte de instituciones gubernamentales.

Páginas de internet recomendadas

<www.vidasostenible.com>.

<www.greenpeace.es>.

<www.ecoembes.com>.

<www.eco-schools.org>.

<www.semarnat.gob.mx>.

<<http://www.sma.df.gob.mx/educacionambiental/>>.

<<http://www.ecoportal.net/content/view/full/15320>>.

Gestión ambiental: marco jurídico internacional y nacional

● MARÍA DEL CARMEN JUÁREZ GUTIÉRREZ
LILIA SUSANA PADILLA Y SOTELO
JOSÉ SANTOS MORALES HERNÁNDEZ

Marco jurídico y político internacional

En 1972 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo, se planteó el deterioro ambiental, sus causas y sus implicaciones en el bienestar social y en la calidad de vida de la población y sus consecuencias en el planeta. De esta reunión surgió el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Semarnap, 2000).

En 1984 la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, institución que se abocó a la tarea del análisis de documentación del binomio ambiente-desarrollo, y concluyó que ambos procesos podrían quedar en un concepto: *desarrollo sostenible*.

En 1987 se presenta a la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo y a las Naciones Unidas, el Informe Brundtland o Nuestro Futuro Común. Este documento plantea estrategias medioambientales a largo plazo, para un desarrollo sostenible hacia el año 2000, que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. Las tareas de esta comisión son las siguientes:

1. Recomendar la cooperación entre países con diferentes niveles de desarrollo económico y social, que conduzca al establecimiento de objetivos comunes y complementarios, que tengan en cuenta la interrelación entre los hombres, los recursos, el medio ambiente y el desarrollo.

2. Examinar las directrices y recursos mediante los cuales la comunidad internacional puede tratar con más eficacia los problemas del medio ambiente.
3. Ayudar a definir las sensibilidades comunes sobre las cuestiones medioambientales a largo plazo, y realizar los esfuerzos necesarios para resolver, con éxito, los problemas relacionados con la protección y mejoramiento del medio ambiente, además de elaborar un programa de acción a largo plazo para los próximos años, y establecer los objetivos que pretende la comunidad mundial (Mahoid y Urquidí, 1990).

En 1989 la Organización de las Naciones Unidas convoca a realizar una reunión para el medio ambiente y el desarrollo, y Brasil se propone para dicha tarea. En los dos años siguientes, varios gobiernos, diversas ONG y expertos en el tema producen un documento que pudiera ser aceptado por los 179 países. Este escrito fue la Agenda 21, el cual no tiene un carácter obligatorio para los países, sin embargo, todos los países llegaron al acuerdo de conferirle una importancia fundamental.

En 1992, en Río de Janeiro, se cristaliza la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, denominada Cumbre de la Tierra; un logro de esta reunión fue la vinculación oficial de los aspectos ambientales con el desarrollo en todos sus parámetros. En ella se aprobó el documento denominado Agenda 21, como plan de acción para alcanzar el desarrollo sostenible (Flavin, 1997).

La Agenda 21 abarca una extensa serie de anhelos ambientales y sociales; además, muestra las metas de los desafíos que se presentan en el planeta, sólo que su eficacia se ve disminuida por las limitadas capacidades de los gobiernos y los organismos internacionales.

De la Cumbre de Río surgió una institución que es la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (CNUDS), que se constituyó para aplicar los acuerdos de la Agenda 21, tanto a nivel nacional como internacional, con un alto nivel de coordinación entre los diversos programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, y vigilar sus progresos. Examina la información proporcionada por los gobiernos sobre actividades en función de la Agenda 21 y cuáles han sido los problemas y obstáculos, sobre todo el recurso

financiero y la transferencia de tecnología. Mejora la cooperación internacional y racionaliza la toma de decisiones, a nivel intergubernamental, para la integración del medio ambiente y el desarrollo; presenta recomendaciones a la Asamblea General, mediante un examen integrado de los informes y aspectos relacionados con la práctica de la Agenda 21; fomenta el diálogo a nivel mundial y promueve la solidaridad para el desarrollo sustentable. Esta comisión se reúne una vez al año en Nueva York, y ha sido un foro de debate muy provechoso, porque se ha centrado en objetivos importantes, como el Panel Intergubernamental de los Bosques, a favor de su protección en la Tierra, sin embargo, la comisión presenta un inconveniente que es la falta de poderes reguladores y de presupuesto propio, y sólo puede intentar que otros programas y agencias de la ONU tomen en cuenta sus acuerdos (Semarnap, 2000; Flavin, *op. cit.*)

Una vez establecida la Agenda 21, los gobiernos han elaborado estrategias nacionales de desarrollo sostenible, lo cual es interesante porque se ha asimilado el concepto, y esta idea ayuda a modificar sus prioridades en los programas y en los organismos.

Un rubro significativo en las tareas a realizar es la inversión de dinero para el desarrollo sostenible, sólo que las finanzas para esta tarea no han fluido de la manera que se esperaba, antes al contrario, se han visto mermadas.

Únicamente ha funcionado una iniciativa económica de la reunión de Río, es el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés), administrado por el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El objetivo de esta iniciativa es respaldar proyectos de los países en desarrollo para disminuir los problemas ambientales globales (Flavin, *op. cit.*)

En 1997, por parte de la sociedad civil, el Consejo de la Tierra, organización no gubernamental mundial, convocó a realizar una reunión llamada Río+5, nuevamente en Río de Janeiro, en donde se evaluó el cumplimiento de los acuerdos establecidos, a cinco años de la Cumbre de la Tierra, en ella se dan a conocer los avances de la Agenda 21, tanto a nivel nacional, como internacional. Se analizaron los temas críticos para el avance del desarrollo sostenible y las prioridades en los

siguientes años, se distinguieron las experiencias exitosas y las lecciones aprendidas, se identificaron y promovieron los valores y principios que han servido como base para la práctica exitosa, y se dieron recomendaciones para apoyar a las autoridades locales en su impulso al desarrollo sostenible (Semarnap, 2000).

Con base en lo anterior, se muestra que una mayoría de países crearon nuevas instituciones o asignaron tareas en esta materia a las que ya existían. Doce países estaban en proceso de elaboración de su Agenda 21 y siete ya la habían hecho; cabe destacar que, en 1994, China fue el primer país que presentó su Agenda 21. Otros países han decidido elaborar estrategias de acción para el desarrollo sustentable, como los Estados Unidos de América y el Reino Unido, y Canadá ha preparado estrategias sectoriales desde 1995 (*op. cit.*)

Así, en 1997, la Asamblea General de las Naciones Unidas, en su decimonovena reunión especial, hace las siguientes declaraciones:

1. Que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha sido y debe seguir siendo el principal órgano de las Naciones Unidas en la esfera del medio ambiente, y los diferentes delegados de los países trabajarán para alcanzar las metas y objetivos del programa.
2. Que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente es la principal autoridad ambiental mundial que establece las actividades internacionales en pro del medio ambiente, promueve la aplicación coherente de los aspectos ambientales del desarrollo sostenible en el sistema de las Naciones Unidas y actúa como defensor autorizado del medio ambiente, a nivel mundial.
3. Las resoluciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, desarrolladas en la Agenda 21, marcan lo siguiente:
 - a) Analizar el estado del medio ambiente mundial y evaluar las tendencias ambientales mundiales y regionales, prestar asesoramiento normativo, facilitar pronta información sobre amenazas ambientales y catalizar y promover la cooperación y las actividades internacionales, basándose en los conocimientos científicos y técnicos más avanzados.

- b) Fomentar el desarrollo del régimen jurídico ambiental internacional, con miras al desarrollo sostenible, incluido el desarrollo de vínculos coherentes entre los convenios internacionales relativos al medio ambiente.
- c) Promover la aplicación de las normas y políticas internacionales acordadas, controlar y fomentar el cumplimiento de los acuerdos internacionales y los principios ambientales, y alentar la cooperación para hacer frente a los nuevos problemas ambientales.
- d) Fortalecer su función de coordinación de las actividades del sistema de las Naciones Unidas en la esfera del medio ambiente, así como su función de organismo de ejecución del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, basándose en sus ventajas comparativas y su competencia científica y técnica.
- e) Promover el aumento de la conciencia pública y facilitar la cooperación eficaz entre todos los sectores de la sociedad y las entidades que participen en la aplicación de las actividades internacionales en pro del medio ambiente, y actuar como vínculo eficaz entre los círculos científicos y los encargados de la adopción de decisiones en los planos nacional e internacional.
- f) Prestar servicios de asesoramiento y para la elaboración de políticas generales a los gobiernos y a las instituciones pertinentes en áreas clave del desarrollo de las instituciones (PNUMA-ORPALC, 1998).

En 2002 se celebra otra reunión cumbre acerca del desarrollo sostenible, en Johannesburgo, Sudáfrica, y se observa que el avance en el desarrollo sustentable desde la Cumbre de la Tierra en 1992, es desilusionante, porque la pobreza y la degradación del medio ambiente han aumentado. En esta asamblea se establecieron nuevas metas, como:

- Lograr para 2010 una reducción importante de la tasa de pérdida de la diversidad biológica.
- Reducir para 2015 el número de personas que no tienen acceso a los servicios básicos de saneamiento.
- Mantener o restablecer para 2015 las poblaciones agotadas de peces, llevándolas a niveles que puedan dar la producción máxima, sostenible (PNUD, 2003).

Agendas

Agenda 21

La elaboración del documento Agenda 21 tuvo como fundamentos las diferencias existentes entre países en aspectos como la distribución de la riqueza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, los problemas sociales y el deterioro de los ecosistemas <[www.agenda21.org.ar/A21contenidos principales](http://www.agenda21.org.ar/A21contenidosprincipales)>.

La agenda 21 es un programa de acción muy amplio, con medidas que se han de adoptar en todas las áreas relacionadas con el desarrollo sostenible, desde su aprobación en 1992 y que permanecerá en el siglo XXI, para proteger y preservar la naturaleza. En el plan está implícita la tarea esencial de modificar las necesidades económicas de la población y efectuar cambios basados en una nueva comprensión de las repercusiones de las acciones humanas sobre el medio ambiente.

Este documento establece prioridades, estrategias, políticas y metas y un conjunto de recomendaciones para el cuidado del medio ambiente, en función de la economía, bajo los siguientes principios:

- El crecimiento económico no alcanza por sí solo el bienestar, tiene que estar en forma sólida y sostenida, en relación con el ambiente y ser socialmente sustentable. Para ello tiene que haber una integración de las políticas en los temas de economía, medioambiente y equidad social.
- La reducción de la pobreza es el objetivo central y, a su vez, el medio para lograr el desarrollo sostenible.
- Las políticas para iniciar el desarrollo sostenible de los recursos benefician tanto al medio ambiente como a la economía.
- Los desacuerdos entre el crecimiento económico y el ambiente requieren ser medidos y minimizados.
- Se necesita reforzar, cuanto antes, la capacidad institucional para formular y llevar a cabo políticas ambientales.
- Es urgente transformar culturas y patrones de producción y consumo para que no se exceda la capacidad de renovación y carga de los sistemas, atmósfera, agua y suelos.

- Es indispensable la participación efectiva de la sociedad civil organizada y la corresponsabilidad entre gobierno y sociedad en la formulación, instrumentación y evaluación de las políticas públicas (Semarnap, 2000).

La Agenda 21 se divide en cuatro secciones y se compone de 40 capítulos (véase cuadro 1).

CUADRO 1. TEMAS DE LA AGENDA 21

<i>Secciones</i>	<i>Contenidos</i>
I. Dimensiones sociales y económicas	1. Introducción 2. Cooperación internacional 3. Combate a la pobreza 4. Modalidades de consumo 5. Dinámica demográfica y sostenibilidad 6. Protección y fomento de la salud humana 7. Desarrollo sostenible y los recursos humanos 8. Medio ambiente y desarrollo
II. Conservación y gestión de los recursos para el desarrollo	9. Protección a la atmósfera 10. Ordenación de los recursos de la Tierra 11. Deforestación 12. Desertificación 13. La montaña 14. Desarrollo rural y agrícola sostenible 15. Diversidad biológica 16. Biotecnología 17. Océanos 18. Agua dulce 19. Productos químicos tóxicos 20. Desechos peligrosos 21. Desechos sólidos 22. Desechos radioactivos
III. Fortalecimiento de los grupos principales	23. Preámbulo 24. Medidas en favor de la mujer 25. Los niños y los jóvenes 26. La población indígena 27. Las organizaciones no gubernamentales 28. Las autoridades locales 29. Los trabajadores y sus sindicatos 30. El comercio y la industria 31. La comunidad científica y tecnológica 32. Los agricultores

Continúa

Continuación

Secciones	Contenidos
IV. Medios de ejecución	33. Financiamiento 34. Transferencia tecnológica 35. Ciencia y desarrollo sostenible 36. Educación y capacitación 37. Procedimientos nacionales y cooperación internacional 38. Convenios institucionales internacionales. 39. Mecanismos jurídicos internacionales 40. Información para las decisiones

Fuente: <<http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21toc.htm>>.

Agendas nacionales para las tareas de protección ambiental

En materia de conservación y gestión de recursos para el desarrollo, México cuenta con las agendas azul, gris y verde.

Agenda Azul. Es lo concerniente al recurso hídrico y su manejo integral. Los subtemas específicos que permiten diferenciar y reflejar la coordinación de los diferentes programas y acciones institucionales en torno a esta agenda son: agua y desarrollo, agua y saneamiento, agua y medio ambiente, agua y alimentación, agua y riesgos, y gestión integrada de los recursos hídricos.

Agenda Gris. Es la contaminación del medio ambiente, e incluye los aspectos relacionados con el monitoreo, prevención y remediación de la contaminación del aire, del agua y del suelo.

Agenda Verde. Se refiere al financiamiento o a lo relacionado con la protección, manejo sustentable y restauración de los ecosistemas y su biodiversidad, recursos forestales y suelos.

De acuerdo con la Semarnat (2006) las tareas de las agendas y las instituciones se dan en el momento en el que una o varias políticas públicas son objeto de interés e injerencia de varias dependencias o entidades gubernamentales, de tal modo que, la instrumentación de acciones y/o proyectos conciernen, necesariamente, a dos o más sectores (social, económico, energético, turístico, etc.) y/o diversos niveles de gobierno, y cada uno de ellos actúa en el marco de sus funciones y atribuciones, pero siempre de forma coordinada y con-

junta, a efecto de obtener resultados en pro del desarrollo y del crecimiento del país. Entre la gama de temas, retos e instrumentos de política que conforman la agenda ambiental, es posible identificar los que, en entornos regionales específicos, cobran particular relevancia, en función del contexto ambiental, geográfico, económico y social prevaleciente. Entre las regiones que pueden considerarse como prioritarias para la agenda ambiental del país figuran: la cuenca Lerma Chapala Santiago; la frontera Norte; el golfo de México y mar Caribe; el mar de Cortés; el volcán Popocatepetl y su zona de influencia; la cuenca de Burgos; la región de la mariposa monarca; la selva Lacandona, los océanos y costas y los 100 Municipios con menor índice de desarrollo humano.

Conformación de instrumentos y el marco jurídico nacional

La política ambiental en México ha elaborado varios instrumentos para inducir los cambios hacia el desarrollo sostenible (véase cuadro 2):

CUADRO 2. MÉXICO: INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL

<i>Tipo de instrumento</i>	<i>Política ambiental</i>
Planeación Programación Presupuesto	• Ordenamiento ecológico del territorio • Evaluación del impacto ambiental • Estudio del riesgo ambiental • Programas sectoriales y especiales • Programas operativos anuales • Descentralización
Incentivos económicos	• Estímulos fiscales • Créditos • Finanzas • Fondos y fideicomisos • Concesiones, autorizaciones, licencias y permisos
De comando y control	• Leyes y reglamentos • Ley General de Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente. • Regulación ambiental de los asentamientos humanos

Continúa

Continuación

<i>Tipo de instrumento</i>	<i>Política ambiental</i>
	• Normas • Auditoría ambiental • Series ISO 9000 y 14000
Otros	• Autorregulación voluntaria • Investigación y educación ambiental

Fuente: Semarnap, 2000.

Ambos aspectos, instrumentos y política son transversales junto con el medio ambiente y los recursos naturales y, por ello, se involucran con otros sectores, como los de energía, comercio, comunicaciones y transportes, desarrollo rural, agricultura, salud, desarrollo social, desarrollo urbano, educación y defensa nacional, entre otros (Semarnap, 2000).

El gobierno de México ha asumido, ante foros nacionales e internacionales, la responsabilidad de enfrentar los problemas de la protección de los recursos naturales del país. De igual modo, ha reconocido la necesidad de encontrarles soluciones mediante una cooperación internacional sustentada en los principios de soberanía e igualdad entre naciones y en la responsabilidad y precaución ante los problemas ambientales futuros. Cabe enfatizar que los problemas ambientales surgen cuando la sociedad le transfiere presiones a la base natural, de manera que la crisis ambiental es de génesis humana.

En este contexto, el compromiso de México gravita en reconocer un problema propio, que afecta a la permanencia de los recursos biológicos nacionales y mundiales, de manera que se han emitido lineamientos legales y normativos para enfrentar dicho compromiso. Con la certeza de que existe una numerosa cantidad de leyes, reglamentos, etc., en seguida se hace mención de algunas de las más relevantes.

El marco jurídico mexicano relacionado con la cuestión ambiental, específicamente con los recursos naturales, está integrado por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, vigente desde 1917 (Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, 2009) que rige en el país y de la cual se desprenden todas las leyes, estatutos y códigos. En este sentido, existen nueve códigos, dos estatutos y 204 leyes (16 leyes y un

Código Penal relacionados directamente con los recursos naturales). El nivel jerárquico de estos instrumentos legales se muestra en la propia Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en normas, en leyes federales, en reglamentos e, incluso, en convenios internacionales.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Galindo y Loa, 1998) realizó un estudio para conocer la diversidad biológica de México; cuenta con un capítulo referido al marco jurídico, en donde menciona que la legislación mexicana, en materia de recursos naturales, se fundamenta en el artículo 27 constitucional, el cual indica que:

[...] la Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación...

Entre 1970 y 1980 se presentaron los primeros intentos para sistematizar la legislación ambiental, en 1971 se expidió la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. En 1973 se modificó el artículo 73 constitucional para facultar al Congreso a expedir leyes en el ámbito del medio ambiente. En 1982 se expidió la Ley Federal de Protección al Ambiente. En 1983 se adicionó al artículo 25 constitucional “cuidando su conservación y el medio ambiente”. En 1987 se añadió el artículo 27 para incorporar la preservación del equilibrio ecológico y la protección ambiental.

Así, en México se han hecho serios esfuerzos para legislar en materia ambiental, evidencia de esto es la elaboración e instrumentación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA de enero de 1988), como parte de una política ambiental basada en el “desarrollo sustentable”. Cabe señalar que, en 1995, a través de una Consulta Nacional sobre Legislación Ambiental entre diversos sectores de la sociedad, la LGEEPA estuvo sujeta a reformas, adiciones y derogaciones, publicadas oficialmente en 1996¹ (Tecnológico de

¹ DOF del 28 de diciembre de 1996.

Monterrey, 2009). Con ello se da mayor énfasis al aprovechamiento racional de los recursos naturales y se procura hacer compatible el desarrollo con la conservación de los mismos. En esta ley se regulan, entre otros aspectos, la evaluación ambiental, el ordenamiento ecológico, la protección atmosférica, la de las aguas, los materiales y residuos peligrosos, las actividades altamente riesgosas, el ruido, los aprovechamientos forestales, las áreas protegidas y la flora y la fauna. Asimismo, de esta ley se derivaron reglamentos en materia de residuos peligrosos y contaminación atmosférica. En el año 2000 se agregaron reglamentos acerca del impacto ambiental, áreas naturales protegidas y auditorías ambientales.

Entre los años 1995 y 2000, al aparecer el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Nacional de Medio Ambiente 1995-2001, se da una nueva perspectiva a la legislación ambiental. De forma complementaria, y a manera de hacer operativo el marco legal, hasta el año 2000 se habían elaborado, emitido y puesto en marcha normas oficiales mexicanas (NOM), de las cuales, más de 50 % atienden aspectos del control de la contaminación del agua; 31 % tiene que ver con la contaminación atmosférica (como la emisión de contaminantes, su medición y la calidad de los combustibles) y sólo menos de 5 % tratan aspectos relacionados con la conservación de los recursos naturales (Guevara *et al.* 2005).

Entre 2001 y 2003 se desarrolla la actual legislación ambiental, en donde destaca la incorporación de la cuestión ambiental en la planeación nacional, y se crean planes ambientales que inciden en el uso racional de los recursos, como los de Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales; los programas Nacional Hidráulico, Forestal, de Procuración de Justicia Ambiental, de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas, la Cruzada por los Bosques y el Agua, y la Cruzada por un México Limpio.

El Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA), instrumento voluntario para la protección del medio ambiente emitido en 2001, promueve la adopción e implantación de medidas de prevención, reducción y mitigación de riesgos e impactos ambientales en las actividades humanas que, por su naturaleza, modifican al medio ambiente. Tiene como objetivo que las organizaciones que se incorporen protejan al ambiente, lo cual debe demostrarse con una certificación ambiental. Propicia, en las organizaciones públicas y privadas, el compromiso de

dar cumplimiento a la normatividad ambiental, considerando el marco legal al que están obligadas, e incluyendo, además, las buenas prácticas internacionales y sus propias disposiciones internas en materia ambiental (Profepa, 2009).

Uno de los programas de mayor alcance es Hábitat, programa impulsado por la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), que se enfoca tanto a la prevención del cambio climático como al estudio y desarrollo de estrategias para enfrentar, de manera conjunta, los problemas socioeconómicos

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 no habla del cambio climático, pero incluye aspectos relacionados con la necesidad de trabajar en la sustentabilidad ambiental.

En cuanto a la legislación y normatividad, recientes modificaciones a las leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas, se pueden mencionar:

Entre las normas referidas a lo ambiental están: la NOM-137-Semarnat-2003 para contaminación atmosférica, plantas *desulfuradoras* de gas y condensados amargos; control de emisiones de compuestos de azufre; la NOM-016-Semarnat-2003 que regula sanitariamente la importación de madera aserrada nueva y la PROY-NOM-043-SCT/2002 para embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos (Semarnat, 2009).

Asimismo, están las normas ISO²14.000 Y 14.001. La norma ISO 14.000 busca que cualquier empresa, de cualquier índole, lleve a cabo sus actividades en forma amigable con el medio ambiente, sin embargo, cabe resaltar que las normas estipuladas por ISO 14.000 no fijan metas

² Las normas ISO aportan grandes beneficios en el sistema de calidad a las empresas, son una herramienta para la competitividad de las empresas que permite, en forma sistemática y estructurada, controlar el riesgo y aprovechar las oportunidades ante las cuales está expuesta la empresa, en relación con la temática ambiental. Forman parte de la serie ISO derivada de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés), organismo con sede en Ginebra que nace luego de la Segunda Guerra Mundial y está constituido por más de 100 agrupaciones o países miembros. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional. Las normas desarrolladas por ISO son voluntarias, comprendiendo que ISO es un organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional, por lo tanto, no tiene autoridad para imponer sus normas a ningún país.

ambientales para la prevención de la contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, sino que establecen herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción al interior de una empresa u organización, y a los efectos que de éstos deriven al medio ambiente.

Así surge la ISO 14.001, llamada Sistema de Gestión Ambiental-Especificación con Guía para su uso; norma internacional que define un proceso para controlar y mejorar el rendimiento medioambiental de una organización; se concibió para gestionar el delicado equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción del impacto medioambiental. Es la de mayor importancia en la serie ISO 14.000, ya que establece los elementos del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) exigidos para que las organizaciones cumplan, con el fin de lograr su registro o certificación, después de pasar la auditoría de un tercero independiente, debidamente registrado. Si una organización desea certificar o registrarse bajo la norma ISO 14.000, es indispensable que dé cumplimiento a lo estipulado en ISO 14.001. El SGA forma parte de la Administración General de una organización (empresa), debe incluir: planificación, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos que le permitan desarrollarse, alcanzar, revisar y poner en práctica la Política Ambiental. En México la ISO 14.001 está volviéndose una práctica aceptada con importante crecimiento.

Otras leyes, normas, acuerdos y convenios para el cuidado y protección al medio ambiente en México (Semarnat, 2009b)

Leyes

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Entró en vigor en noviembre de 2003. Esta ley reglamenta lo dispuesto por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en lo que se refiere a la protección al ambiente en el territorio nacional, en materia de prevención y gestión integral de residuos. Sus disposiciones tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la

prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de su manejo especial; prevenir la contaminación de los sitios con estos residuos, y llevar a cabo su remediación.

Ley General de Vida Silvestre. Entró en vigor el 4 de julio de 2000. Esta ley es de orden público y de interés social; reglamenta el párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la nación ejerce su jurisdicción. El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, será regulado por las leyes forestales y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo.

Ley de Aguas Nacionales. Entró en vigor el 2 de diciembre de 1992. Sus disposiciones son de orden público e interés social. Consta de los apartados: Disposiciones preliminares, Administración del agua, Programación hidráulica, Derechos de uso o aprovechamiento de aguas nacionales, Zonas reglamentadas de veda o de reserva, Usos del agua, Prevención y control de la contaminación de las aguas, Inversión de infraestructura hidráulica, Bienes nacionales a cargo de la Comisión e Infraestructura, sanciones y recursos.

Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Ley de orden público y de interés social que entró en vigor en abril de 2005 y tiene por objeto regular las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programas piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de organismos genéticamente modificados, con el fin de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica o a la sanidad animal, vegetal y acuícola.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Entró en vigor en 2003. En esta misma ley se reformaron y adicionaron la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Orgánica de la

Administración Pública Federal y la Ley de Premios y Estímulos y Re-compensas Civiles. Es una Ley Reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que, en materia forestal, correspondan a la Federación, los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.

Normas

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, en aguas y bienes nacionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Tiene como objetivo proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reúso. La vigilancia del cumplimiento de esta norma corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Conagua y la SSA, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Legeepa, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Norma Oficial Mexicana NOM-148-SENARNAT-2006, contaminación atmosférica. Establece los requisitos para la recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación de petróleo, con el fin de reducir las emisiones de compuestos de azufre a la atmósfera, así como el método de cálculo correspondiente. La Semarnat, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), vigilará el cumplimiento de la presente norma. Su incumplimiento será sancionado conforme a lo establecido en la Legeepa y los demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999. Establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. Es de observancia obligatoria para los responsables de los vehículos automotores en circulación, así como para los responsables de los centros de verificación autorizados.

Norma Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-1995. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporables provenientes del sistema de combustible de motores que usan gasolina, gas licuado del petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kg, nuevos en planta. La vigilancia del cumplimiento de la presente NOM corresponde a la Semarnat, por conducto de la Profepa, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Legeepa, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Norma Oficial Mexicana NOM-149-SEMARNAT-2006. Establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación, mantenimiento y abandono de pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas, con objeto de prevenir y mitigar los impactos ambientales que pueden generar estas actividades. La vigilancia del cumplimiento de la presente NOM corresponde a la Semarnat, por conducto de la Profepa, así como a los gobiernos estatales y municipales, en el ámbito de sus respectivas competencias. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Legeepa, sus reglamentos, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Norma Oficial Mexicana NOM-060-SEMARNAT-1994. Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. Las

Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Desarrollo Social, por conducto de la Profepa, en el ámbito de sus respectivas competencias, vigilarán el cumplimiento de la presente NOM. Su incumplimiento será sancionado por lo dispuesto en la Legeepa, la Ley Forestal y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SEMARNAT-2001. Establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo, para coadyuvar en el restablecimiento, mantenimiento e incremento de los recursos naturales y la capacidad productiva de la biodiversidad de los ecosistemas. Es de observancia obligatoria para quienes realicen actividades pecuarias y faunísticas, cuyo sustento se base en el aprovechamiento de la vegetación forestal natural o inducida, en terrenos forestales.

Acuerdos

Acuerdo por el que se delega en favor de los delegados federales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los estados con litoral costero, la facultad de atender y gestionar los trámites que se señalan. Entra en vigor en 2005 y en él se acuerda que la Semarnat ejercerá la posesión y propiedad de la Nación en las playas, zona federal marítimo-terrestre y terrenos ganados al mar o cualquier otro depósito natural de aguas marítimas y, a través de la Dirección General de Zona Federal Marítimo-Terrestre y Ambientes Costeros, otorgará, prorrogará, revocará y declarará la extinción de los permisos, autorizaciones y concesiones sobre el uso, aprovechamiento y explotación de éstos.

Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, los criterios técnicos y el método que deberán observarse para su determinación.

Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5° fracción X y 146 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la

Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas. Entró en vigor en 1992; estas actividades se refieren a la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas como las que, por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica pueden ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Acuerdo por el que se establecen las Reglas de Operación para el Programa de Desarrollo Regional Sustentable. El objetivo es impulsar un modelo de planeación regional descentralizada, participativa y democrática, que conduzca hacia procesos de desarrollo sustentable en los que la utilización de los recursos naturales locales contribuya a disminuir la pobreza, a impulsar el crecimiento productivo y al aumento de los ingresos de los habitantes en las Regiones Prioritarias como las Áreas Naturales Protegidas, desde un enfoque de planeación a mediano plazo.

Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de subsidios del Programa de Desarrollo Institucional Ambiental. Los objetivos son fortalecer la capacidad institucional de gestión ambiental de las dependencias ambientales estatales; apoyar el Proceso de Descentralización de la Gestión Ambiental, mediante el financiamiento de las acciones contenidas en los programas estatales de fortalecimiento de la capacidad institucional, y coadyuvar a que los gobiernos estatales cuenten con un Programa Estatal de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional, en operación al término del año en que se autoricen los recursos.

Acuerdo por el que se determina el listado de sustancias sujetas a reporte de competencia federal, para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Las sustancias sujetas a reporte de competencia federal deberán ser manifestadas a través de la Cédula de Operación Anual, en los términos del artículo 10 del Reglamento de la Legeepa en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Convenios

Convenio específico para la asunción de funciones en materia de vida silvestre que celebran el Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Tamaulipas y el Ejecutivo del Estado Libre y Soberano de Tamaulipas; con la intervención del organismo público descentralizado del Estado, denominado Comisión Estatal para la Vida Silvestre en Tamaulipas. El proceso de descentralización tiene como objetivo, entre otros, aumentar la eficiencia de la gestión ambiental y propiciar una participación más amplia y corresponsable de los tres órdenes de gobierno, a fin de contribuir en la consolidación de un verdadero federalismo en México.

Convenio específico para la asunción de funciones en materia de vida silvestre Semarnat-estado de Nuevo Leon.

Convenio específico para la asunción de funciones en materia de vida silvestre Semarnat-estado de Coahuila.

Cabe mencionar que, a pesar de los avances que ha tenido el marco jurídico ambiental en México, los actuales problemas ambientales rebasan las capacidades jurídicas y del gobierno para solucionarlos,³ por lo que se habla de la necesidad de crear tribunales ambientales que cuenten con jueces expertos en medio ambiente y con el soporte de especialistas de la ciencia y la tecnología. Los instrumentos sociales y económicos no disminuyen sustancialmente las tendencias críticas de los problemas ambientales, lo cual justifica la existencia de tribunales ambientales. En forma paralela, también es importante difundir eficazmente los contenidos jurídicos ambientales y concientizar a la población de la gravedad de los problemas ambientales.

Estudio de caso

Actualmente las leyes y reglamentos ambientales de México, diseñados para el manejo y prevención de los residuos peligrosos, se

³ “Problemas ambientales en México rebasan capacidades jurídicas y gubernamentales”, en *La Jornada*, 7 de junio de 2007.

han caracterizado por una gran ausencia en la regulación de la responsabilidad extendida del fabricante de productos de consumo que, al desecharse, se convierten en residuos peligrosos. Tal situación se refleja al revisar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), la cual no menciona, figurativa o explícitamente, lineamientos de manejo sugeridos por los productores, para que permitan al consumidor la devolución de los productos empleados, con el fin de que el industrial se ocupe de su reciclado y, en su caso, de su tratamiento y disposición final.

Un caso similar a lo antes mencionado, se aprecia en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Legeepa), con su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos, publicado en 1988, con la falta de definición de la responsabilidad extendida del fabricante con respecto al manejo de sus productos ya desechados; sin embargo, a poco más de veinte años de la Legeepa, el manejo de los residuos peligrosos ha comenzado a ejercerse independientemente, a cargo de algunos fabricantes, quienes han podido crear su propia infraestructura para su reutilización, reciclado, coprocesamiento, tratamiento o disposición final, o bien, han tenido que recurrir a los servicios de otras empresas particulares, cubriendo los costos que ello implique; tal es el caso de la empresa Hewlett-Packard, con su programa de colecta y reciclamiento de sus productos de cómputo que estén en proceso de ser desechados por los consumidores, lo cual no es otra cosa que una responsabilidad amplia o extendida.

Un hecho adicional insoslayable es que el consumidor, tanto el doméstico, como el establecimiento industrial, comercial o de servicios, juega un papel esencial en la puesta en práctica de la obligación legal prevista en la última reforma a la LGPGIR en 2007, en la cual se propone que los productores acepten la devolución de los productos usados, caducos, retirados del comercio o que hayan sido desechados, con el propósito de que se implemente un plan de manejo.

Continúa

Continuación

Esta última consideración es de suma importancia para el consumidor, ya que, en todo momento, se es generador de residuos, lo cual le confiere un considerable porcentaje de responsabilidad legal al momento de adquirir un artículo y, más aún, si contiene materiales o sustancias de riesgo al ambiente.

Fuente: “Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos”, en *DOF*, 8 de octubre de 2003. “Última reforma a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Texto vigente)”, en *DOF*, 19 de junio de 2007. “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”, en *DOF*, 28 de enero de 1988. “Última reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Texto vigente)”, en *DOF*, 16 de mayo de 2008. “Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos”, en *DOF*, 25 de noviembre de 1988. “Norma Oficial Mexicana NOM”, en *DOF*, 22 de octubre de 1993.

Actividades complementarias

1. Comenta en equipo la importancia del marco jurídico internacional y nacional para la gestión ambiental en México.
2. ¿Cómo está integrado el marco jurídico de la gestión ambiental en México?
3. Comenta en equipo algunos programas ambientales apoyados en estos marcos.
4. Menciona, al menos, cuatro normas oficiales de protección al ambiente en México.
5. Investiga y comenta en grupo los alcances y los problemas que ha enfrentado la normatividad en materia ambiental en México.

Páginas de internet recomendadas

<www.semarnat.gob.mx>.

<[www.agenda.21.org.ar/A21contenidos principales](http://www.agenda.21.org.ar/A21contenidosprincipales)>.

<<http://www.pnuma.org/>>.

<http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=29137&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html>.

<<http://www.undp.org.mx/ProyectosTodos.aspx>>.

Gestión ambiental: organismos e instituciones internacionales y nacionales

● LILIA SUSANA PADILLA Y SOTELO
JOSÉ SANTOS MORALES HERNÁNDEZ
NORBERTO ALATORRE MONROY

Conformación del concepto de gestión ambiental

La gestión ambiental es la estrategia mediante la cual se organizan soluciones a afectaciones del ambiente con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando problemas ambientales. Incluye el conjunto de actividades humanas que, desde una perspectiva sistémica e integral, buscan ordenar y manejar al medio ambiente y sus componentes, con el propósito de asegurar un desarrollo sustentable, a través de la formulación de políticas y leyes, el diseño de instrumentos, la implementación de aspectos de administración con programas vinculados a la protección, el desarrollo ambiental y la preservación del equilibrio ecológico con la activa participación de la ciudadanía.

Abarca un concepto integrador más allá del solo manejo ambiental, ya que engloba no únicamente las acciones a ejecutarse por la parte operativa, sino también las directrices, lineamientos y políticas formuladas desde los entes rectores, que terminan mediando la implementación, es decir, numerosas experiencias políticas impulsadas por gobiernos, partidos, organizaciones no gubernamentales (ONG) y asociaciones.

Las áreas normativas y legales que involucra la gestión ambiental son:

- La política ambiental: que se relaciona con la dirección pública y/o privada de los asuntos ambientales internacionales, regionales, nacionales y locales.
- Ordenación del territorio: referida a la distribución de los usos del territorio, de acuerdo con sus características.
- Evaluación del impacto ambiental: son acciones que permiten establecer los efectos de proyectos, planes o programas sobre el

medio ambiente, así como la elaboración de medidas correctivas de los posibles efectos adversos.

- Contaminación: incluye el estudio, control y tratamiento de los efectos provocados por la adición de sustancias al medio ambiente.
- Vida silvestre: comprende el estudio y conservación de los seres vivos en su medio y de sus relaciones.
- Educación ambiental: se enfoca a la mejor comprensión y solución de los problemas ambientales, y al cambio de las actitudes del ser humano frente a su medio ambiente.
- Estudios de paisaje: investigan la interrelación de los factores bióticos, estéticos y culturales sobre el medio ambiente.

La gestión ambiental, como tal, aparece a inicios de la década de los setentas del siglo pasado, en función de la situación ambiental en deterioro, del aumento de la población en el mundo y de algunos problemas ambientales que afectaban a escala planetaria, como derrames de petróleo en los océanos y emisiones de dióxido de carbono. Al comienzo de la década de los ochentas, la percepción de los problemas se agranda, ya se observaba el efecto invernadero, la contaminación de los océanos, la marcada deforestación en grandes extensiones, la pérdida de la biodiversidad y la lluvia ácida. A fines de la misma década, se incorporaron otros factores; destacaban el agravamiento de los cambios climáticos globales, la disminución de la capa de ozono asociada con los clorofluorocarburos (CFC's),¹ los residuos tóxicos, la pérdida de hábitats, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la falta de disponibilidad de agua dulce, la intensificación de la degradación ambiental de los países en desarrollo, el desperdicio de energía, las pérdidas de suelo y la desertificación (Negrao, 1977), que afectaban directa o indirectamente al ambiente.

Cabe señalar que, a partir de la década de los ochentas, en los países desarrollados la cuestión ambiental se incorpora como una necesidad

¹ Los CFC's son sustancias químicas sintéticas formadas por cloro, flúor y carbono. La producción de cloro-fluoro-carbonos [CFC's] contribuye con, aproximadamente, 14 % del efecto invernadero.

de supervivencia de todo el sistema. Las acciones dejan de ser simplemente reactivas o defensivas, pasando a ser preventivas y proactivas, en función, principalmente, del nivel de conciencia ambiental que ya se desarrollaba en el planeta.

Derivado de lo anterior, se presenta una etapa de gran interés para la solución de problemas ambientales, por la cual los gobiernos empezaron a sistematizar acciones concretas contra la contaminación, lo que redundó en leyes, reglamentos u otros mecanismos para la reducción de la degradación ambiental. Como consecuencia, se generó una nueva forma de comportamiento, más adecuada con las premisas que caracterizaban al paradigma de la protección ambiental.

También, se detecta el desarrollo de tecnologías para evitar la contaminación disminuyendo la generación de residuos, o para la reducción del uso de energía. Éstas se enfocan, sobre todo, al proceso productivo, buscando optimizarlo ambientalmente y de forma integrada, desde los insumos, la técnica para su procesamiento, el consumo de energía, las emisiones y la generación de residuos, hasta el producto final que será comercializado.

De esta manera, la gestión ambiental responde a la necesidad de conseguir un equilibrio adecuado para el crecimiento de la población, el desarrollo económico, el uso racional de los recursos y la protección y conservación del ambiente. Emerge como resultado de la búsqueda de la sustentabilidad ambiental, la cual presupone la modificación del comportamiento del hombre en relación con la naturaleza; como consecuencia, el desarrollo de la conciencia ambiental hacia la última década del siglo XX se concreta en políticas gubernamentales de protección ambiental y en respuestas producidas por los agentes económicos, y ha generado una serie de herramientas aplicadas a los más variados tipos de iniciativas dirigidas a la gestión ambiental propiamente dicha, que se refleja, a su vez, en políticas gubernamentales internacionales de protección ambiental y en respuestas producidas por los agentes económicos que llevaron, asimismo, al desarrollo de una serie de iniciativas a escalas internacional y nacional.

La gestión ambiental conjunta las actividades humanas desde una perspectiva sistémica e integral; entre los principales beneficios que aportan los sistemas de gestión ambiental están el de reducir y contro-

lar los presentes o futuros impactos ambientales y generar un enfoque ambiental preventivo que reduzca la vulnerabilidad por los riesgos e impactos negativos que se generan por las actividades socioeconómicas o las decisiones sociopolíticas, sobre las personas, los recursos y el medio ambiente.

Antecedentes de la gestión ambiental

Es imprescindible destacar, de forma breve, la evolución de los acontecimientos históricos que propiciaron la reflexión y el planteamiento de una gestión ambiental por parte de la sociedad civil y de los diferentes gobiernos internacionales que fueron adoptando este tipo de disposiciones.

A partir del siglo XVIII, con la Revolución Industrial(1760-1840),² se presenta una ruptura histórica en la humanidad, caracterizada por las innovaciones tanto tecnológicas como socioeconómicas que favorecieron la producción en masa de bienes manufacturados; asimismo, se mostraron cambios irreversibles en los patrones demográficos y culturales de las distintas sociedades y naciones que adoptaron el nuevo proceso industrial. Es importante precisar que durante esa etapa histórica, al iniciarse este proceso revolucionario, cada una de las naciones se vio obligada a mantener una aceleración y acrecentamiento en el uso y explotación de sus distintos recursos naturales y que, posteriormente, lo realizaron empleando materias primas extraterritoriales.

Con el asentamiento y desarrollo de la industrialización en las potencias de fines del siglo XIX (Gran Bretaña, Francia, los nuevos Estados unificados de Alemania e Italia, Estados Unidos de América y Japón) se gesta la aparición de la sociedad de consumo del siglo XX (Kates, 1994). El consumo de los recursos naturales para la industria y las sociedades de consumo de las potencias decimonónicas y de las nacientes durante los primeros tres cuartos del siglo pasado, indudable-

² El desarrollo y aplicación del concepto de “Revolución Industrial” se atribuye al reformador social y economista británico Arnold Toynbee (1852-1883), el cual expone dicho pensamiento en su obra póstuma de 1884. “Lectures On The Industrial Revolution In England” [en línea]. <<http://socserv2.socsci.mcmaster.ca/~econ/ugcm/3ll3/toynbee/indrev>>.

mente ha presentado un comportamiento irreverente sobre las diversas cadenas tróficas y ciclos naturales de la biosfera, para establecer, prioritariamente, sus cadenas económicas, lo cual ha propiciado graves desequilibrios en sus medios naturales nacionales y regionales.

Es importante destacar que la sociedad británica del siglo XIX, que veía la consolidación de su Revolución Industrial, también observaba el incremento de las alteraciones a su medio ambiente, lo que propició el surgimiento de las primeras voces críticas a nivel mundial, que expusieron los efectos destructores asociados a los nuevos procesos de industrialización y urbanización (Fernández y Riechmann, 1995). Estas voces de denuncia se asociaban al incipiente movimiento obrero, que peleaba por mejoras en las condiciones de higiene y vivienda, las cuales pueden ser consideradas como exigencias de mejoras medioambientales y constituían el primer esbozo del movimiento ambientalista. Paralelamente a este movimiento social, también durante el siglo XIX, surgía en los sectores aristocráticos y burgueses de Gran Bretaña y posteriormente en las otras potencias, una corriente de protección al ambiente centrado en la defensa de algunos paisajes, amenazados por los efectos de la industrialización, la cual puede deducirse como el germen del movimiento proteccionista o conservacionista que brotaría con fuerza durante el primer cuarto del siglo XX.

De acuerdo con Deleage (1991), el movimiento conservacionista protector de la naturaleza y sus elementos, del siglo XIX y principios del siglo XX, iría tomando fuerza y forma por medio de grupos de presión y asociaciones de ámbitos locales, nacionales e internacionales (véase cuadro 1).

CUADRO 1. PRIMEROS ACUERDOS, DECLARATORIAS
U ORGANIZACIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE

<i>Nación (Ciudad)</i>	<i>Año de instauración</i>	<i>Acuerdo, declaratoria u organización</i>
Inglaterra (Londres)	1801	Comité de Molestias para estudiar los Problemas del Humo de Manchester
	1830	Sociedad Zoológica de Londres

Continúa

Continuación

<i>Nación (Ciudad)</i>	<i>Año de instauración</i>	<i>Acuerdo, declaratoria u organización</i>
	1889	Real Sociedad para la Protección de las Aves
	1900	Convención Africana para la Preservación de Animales, Aves y Peces de la Vida Silvestre
	1912	Real Sociedad para la Conservación de la Naturaleza
	1913	British Ecological Society
EUA (Washington)	1872	Declaración del Parque Nacional de Yellowstone
	1872	Proclamación del Día del Árbol
	1890	Declaración de los Parques Nacionales de las Secuoyas y Yosemite en California
	1892	The Sierra Club
(Seattle)	1916	Seattle Audubon Society for Birds and Nature
	1940	Convención para la Preservación de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América
Francia (París)	1883	Acuerdo Internacional para la Protección de las Focas del Mar de Behring
	1901	Sociedad para la Protección de los Paisajes de Francia
	1902	Primer Congreso Internacional sobre las Aves Benéficas para la Agricultura
	1909	Congreso Internacional para la Protección de los Paisajes
	1923	Primer Congreso Internacional para la Protección de la Naturaleza
Suiza (Ginebra)	1931	Primer Tratado Ballenero Internacional

Fuente: Deleage, 1991; Díaz, 2001; Fernández *et. al.*, 1995; Goldsmith, 1990; Sabatini *et. al.*, 2000.

Es importante señalar que el conservacionismo es un movimiento que parte de una clara separación entre naturaleza y sociedad que, invariablemente, corre el riesgo de centrarse en los efectos y en lo puntual, sin considerar las causas ni la globalidad de la eventualidad que atañe al sitio de su interés. Si bien a nivel mundial sigue vigente esta postura ideológica, en algunos sectores minoritarios de las sociedades ha sido ampliamente desbancada por el movimiento ambientalista.

Durante el siglo pasado, con el término de la Segunda Guerra Mundial, las sociedades occidentales de la posguerra, en su proceso de recuperación industrial y económica, mostraron un aumento significativo en el consumo de energéticos para la producción alimenticia e industrial, lo que conllevó a una transformación irracional de la superficie terrestre con repercusiones históricamente inesperadas. Dicho suceso histórico forma parte de lo que Jardón (2007) reconoce como la “Revolución de alta tecnología químico-eléctrica”, la cual venía generándose desde principios del siglo XX, por medio del desarrollo científico y tecnológico en la producción agrícola e industrial con un incremento constante del consumo de energía que pasó de 70 000 kcal/día a fines del siglo XIX, hasta 230 000 kcal/día en 1970, cantidad que, desde entonces, se ha sostenido más o menos constante por las sociedades de alta demanda energética.

Desarrollo reciente de los organismos de la gestión ambiental

En las tres últimas décadas del siglo pasado y los años transcurridos del presente siglo, a nivel mundial se ha observado el nacimiento, incorporación y participación de organismos internacionales reguladores de las políticas alimentarias, educativas, energéticas, financieras y de transporte, que se involucran en la temática de la gestión ambiental, por medio de acuerdos, recomendaciones, proyectos o acciones concernientes a la protección y recuperación ambiental de naciones, regiones o continentes (véase cuadro 2)

CUADRO 2. PRINCIPALES ORGANISMOS INTERNACIONALES
QUE PARTICIPAN EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

<i>Organismos internacionales</i>	<i>Acrónimo español/inglés</i>	<i>Año de fundación</i>
Banco Mundial	BM / WBG	1944
Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos	Hábitat / UN-Habitat	1978
Comisión sobre el Desarrollo Sostenible	CDS / CSD	1992
Comité de Comercio y Medio Ambiente de la Organización Mundial del Comercio	OMC / WTO	1994
Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo	CNUCYD / UNCTAD	1964
Conferencia Ministerial Africana sobre el Medio Ambiente	CMAMA / AMCEN	1985
Consejo de Ministros Árabes Encargados del Medio Ambiente	CMAEMA / CAMRE	1987
Fondo para el Medio Ambiente Mundial	FMAM / GEF	1994
Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe	FMMAALC / FMELAC	1982
Ministros de Medio Ambiente de la Unión Europea	MMAUE / EMEU	¿...?
Organismo Internacional de Energía Atómica	OIEA / IAEA	1957
Organización de Aviación Civil Internacional	OACI / ICAO	1944
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial	ONUDI / UNIDO	1966
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	FAO	1945
Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura	UNESCO	1945
Organización Internacional del Trabajo	OIT / ILO	1919
Organización Marítima Internacional	OMI / IMO	1948
Organización Meteorológica Mundial [Organización Meteorológica Internacional (1873)]	OMM / WMO	1946

<i>Organismos internacionales</i>	<i>Acrónimo español/inglés</i>	<i>Año de fundación</i>
Organización Mundial de la Salud	OMS / WHO	1948
Plan de Acción del Pacífico Noroeste	PAPN / NOWPAP	1994
Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	IPCC	1988
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	PNUD / UNDP	1965
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	PNUMA / UNEP	1972

Fuente: <<http://www.unep.org/>>.

Como resultado de la cada vez más frecuente intervención sobre el medio ambiente por parte de los múltiples organismos internacionales, se ha suscitado un debate sobre quién debería ser el diseñador del proceso de protección y de gobernabilidad del medio ambiente ante los retos del siglo XXI, lo cual se reflexionó por primera vez en 1997, por el entonces entrante Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan [1997-2006]³ (ONU, 1998):

“Salvaguardar el medio ambiente... es un principio rector de todo nuestro trabajo en el apoyo del desarrollo sostenible; es un componente esencial en la erradicación de la pobreza y uno de los cimientos de la paz.”

Fuente: Mensaje al segmento de alto nivel de la XIX sesión del Consejo de Gobierno del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 5 de febrero de 1997 (SG/SM/6270).

“La amenaza a nuestro medio ambiente nos ha enseñado que el privilegio y la prosperidad no pueden proteger a ninguna nación mientras la pobreza y la contaminación destruyen a otra.”

³ Las reflexiones de Kofi Annan son una selección de fragmentos de los discursos y declaraciones del Secretario General de las Naciones Unidas durante su primer año en el cargo que, a su vez, constituyen amplios y variados comentarios sobre los retos que enfrenta la comunidad internacional a este respecto.

Fuente: Brindis en la comida para Jefes de Estado y de Gobierno participantes de la XIX sesión especial de la Asamblea General, Nueva York, 23 de junio de 1997 (SG/SM/6270).

“Casi la mitad de la población mundial vive actualmente en áreas urbanas... las ciudades se parecen cada vez más entre sí, en términos de los problemas que enfrentan.”

Fuente: Mensaje en el Día Mundial del Hábitat, 6 de octubre de 1997 (SG/SM/6350).

“Considerar las consecuencias ambientales de nuestras acciones debe volverse una segunda naturaleza inherente a todos nosotros en cada elección y en cada decisión que hagamos; de lo contrario, todas las leyes y reglamentos, programas de gobierno e incentivos del mercado en el mundo no serán suficientes para salvarnos del desastre ambiental.”

Fuente: Discurso ante el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en la Ceremonia de entrega del Premio Sasakawa al Medio Ambiente, Nueva York, 12 de noviembre de 1997 (SG/SM/6390).

“Los riesgos del cambio climático representan las amenazas ambientales más críticas y penetrantes a la seguridad de la comunidad humana y a la vida en la Tierra como la conocemos... En un asunto que podría tener repercusiones tan determinantes para el futuro de la humanidad, debemos actuar siguiendo el principio de más vale prevenir ahora que lamentar y desesperarse después.”

Fuente: Mensaje ante la tercera sesión de la Conferencia de Estados; parte de la Convención Marco de la ONU sobre Cambios de Clima, Kyoto, 8 de diciembre de 1997 (SG/SM/6415).

Es conveniente precisar que las reflexiones señaladas por el señor Annan se dan en torno a la colaboración de los diversos organismos internacionales que hoy se incorporan en la preservación o recuperación de los ambientes regionales, nacionales o continentales, y se suscita con la creación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente⁴ (PNUMA; UNEP por sus siglas en inglés) en 1972 (PNUMA; 2009), el cual ha conseguido, durante este tiempo, convertir al medio ambiente en un

⁴ El PNUMA fue conformado por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas tras la celebración de la Conferencia de Estocolmo, mediante su resolución 2997 (XXVII) del 15 de diciembre de 1972.

argumento infranqueablemente global y de preocupación internacional, a pesar del escepticismo con el que fue recibido por los países en vías de desarrollo (razón por la cual fue situado en Nairobi, Kenia).

Cabe señalar que las actividades del PNUMA han logrado gran relevancia en concordancia con los Acuerdos Multilaterales sobre Medio Ambiente, debido a que ha sido organizador de muchos de ellos y participa de Secretario Permanente en algunos como:

- La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
- El Convenio de Basilea: trata acerca del control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.
- El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono.
- El Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono.
- La Convención sobre Diversidad Biológica.

El Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMMA) es el primero y único proyecto internacional de financiamiento de acciones orientadas a una alta gestión ambiental. Establecido como un programa piloto en 1991 y, oficialmente en 1994, al paso de los acuerdos de la Cumbre de Río; su propósito es costear las acciones preventivas o de recuperación ante las amenazas ecológicas:

- Pérdida de diversidad biológica.
- Cambio climático.
- Agotamiento de la capa de ozono.
- Contaminación de las aguas internacionales.
- Degradación de los suelos.
- Capacidad de carga.
- Contaminantes orgánicos persistentes.

Para ello cuenta con la participación de 178 países y de las aportaciones del PNUMA, del Banco Mundial, de los bancos regionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Industrial y con diversas aportaciones del sector privado. Actualmente se desempeña como mecanismo financiero de cuatro convenios internacionales:

- El Convenio sobre la Diversidad Biológica (2000).
- El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.
- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Instituciones encargadas de la gestión ambiental en México

En México, en 1972, se creó la Subsecretaría de Mejoramiento Ambiental, dependiente de la Secretaría de Salud. A lo largo de las cuatro décadas, entre 1940 y 1980, la estrategia de desarrollo nacional se centró en la industrialización, a través de la sustitución de importaciones, que generó un modelo de explotación intensiva y extensiva de los recursos naturales, así como un desarrollo urbano industrial que no previó sus efectos ambientales ni reguló adecuadamente sus resultados, en términos del manejo de residuos, de la emisión de contaminantes a la atmósfera o de las descargas en los cuerpos de agua.

A partir de 1982, la política ambiental mexicana comenzó a adquirir un enfoque integral y se reformó la Constitución para crear nuevas instituciones y precisar las bases jurídicas y administrativas de la política de protección ambiental. En ese año, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) era la encargada de las cuestiones de urbanismo, vivienda y ecología, de manera que sustituyó a la anterior en la cuestión ambiental.

En 1989 se creó la Comisión Nacional del Agua (CNA) como autoridad federal en materia de administración del agua, protección de cuencas hidrológicas y vigilancia en el cumplimiento de las normas sobre descargas y tratamientos del agua.

En 1992 la SEDUE se transforma en Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) sustituyéndola en sus funciones, y en ese año se crean el Ins-

tituto Nacional de Ecología (INE) —como órgano desconcentrado con facultades técnico normativas en materia ambiental encargado de preservar, proteger y restaurar el equilibrio ecológico y hacer evaluaciones ambientales— y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa).

En 1994 desaparece la Secretaría de Pesca (Sepesca) y se crea la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), que nace de la necesidad de planear, desde un punto de vista integral, el manejo de los recursos naturales y las políticas ambientales del país, articulando los objetivos económicos, sociales y ambientales. Con ese cambio pasaron a depender de la Semarnap: la Subsecretaría de Recursos Naturales —cuyas funciones anteriormente estaban en la SARH y Sedesol—, la Subsecretaría de Pesca, el Instituto Nacional de Ecología (INE), el Instituto Nacional de la Pesca (INP), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Comisión Nacional del Agua (CNA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) y la Comisión para el Conocimiento de la Biodiversidad (Conabio).

En 2000 se cambió la Ley de la Administración Pública Federal dando origen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); el cambio de nombre no sólo considera pasar el subsector pesca a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), sino que pretende una gestión funcional para impulsar la política nacional de protección ambiental de los recursos naturales e incidir en la solución de las causas de la contaminación, de la pérdida de ecosistemas y de biodiversidad; para ello ha adoptado un esquema institucional y una estructura en cuanto a la política ambiental, que se considera como una política de Estado <http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/Pages/quienes_somos.aspx>.

Cabe mencionar a la Secretaría de Energía, que promueve líneas de acción asociadas con la innovación de procesos relacionados con el uso de energía y la eficiencia en el uso de los combustibles fósiles, así como la gestión y ejecución de proyectos de aprovechamiento de energías renovables. Forma parte del Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero, que es la entidad responsable de otorgar cartas de aprobación y de no objeción a proyectos mexicanos que pretendan participar en el mecanismo de desarrollo limpio (MDL).

A partir de las anteriores connotaciones, es innegable que en México se han logrado avances en materia de legislación y normatividad ambiental, aspecto que fue de los que primero se desarrollaron en la política ambiental, orientado a un desarrollo social y económico que incluya la preservación de un ambiente natural de calidad; así, el Estado Mexicano ha introducido en su agenda los asuntos ambientales, consolidando con ello la política ambiental, para lo cual ha creado diversas instituciones.

Estudio de caso

La vaquita marina (*Phocoena sinus*) o marsopa del golfo de California, es un mamífero marino endémico del alto golfo, que actualmente se encuentra en peligro de extinción, ya que cuenta con una población menor de 400 ejemplares y está sometida a los siguientes factores de decremento: población reducida, baja variabilidad genética, deterioro del hábitat causado por el uso de *redes agalleras* y *de arrastre*, mortalidad por pesca accidental, incremento del esfuerzo pesquero y alto índice de pesca ilegal.

Ante tal situación, como se aprecia en seguida, desde 1992 se han realizado esfuerzos jurídicos del gobierno mexicano para involucrar directamente a sus instituciones socio-ambientales, para cimentar un marco legal de protección de dicha especie, y la vaquita marina ya se encuentra protegida por las instituciones ambientales mexicanas. De acuerdo con las disposiciones vigentes elaboradas para su protección, se ven implicadas, directa o indirectamente, instituciones como: INE, Conanp, Semarnat, Conabio, Profepa, Conpesca y la Secretaría de Marina.

Año	Declaratorias para involucrar a las instituciones ambientales
1992	Comité Técnico para la Preservación de la Vaquita y la Totoaba.
1993	Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.
1994	NOM-059-ECOL-1994 (clasifica a la vaquita en peligro de extinción).
1994	NOM-012-PESC-1993 (medidas de protección para la totoaba y vaquita).
1997	Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita.
2005	Área de Refugio para la protección de la Vaquita (<i>Phocoena sinus</i>).
2005	Programa de Protección para la Vaquita.

Fuente: D'Agrosa, C., C. E. Lennert-Cody y O. Vidal, "Vaquita Bycatch in Mexico's Artisanal Gillnet Fisheries: Driving a Small Population to Extinction", en *Conservation Biology*, vol. 14, núm. 4, 2000:1110-1119; *DOF* (10 de junio de 1993, 16 de mayo de 1994, 29 de junio de 1994, 08 de septiembre de 2005 y 29 de diciembre de 2005); Villa R., B. 1993. *Recovery Plan for the Vaquita, Phocoena sinus*. Departamento de Zoología, Instituto de Biología de la UNAM. 2000.

Actividades complementarias

1. ¿Qué se entiende por gestión ambiental y qué elementos o partes la conforman?
2. Comenta en grupo la misión general que tienen los organismos nacionales encargados de la gestión ambiental
- 3.Cuál es el beneficio social que tiene la gestión ambiental.
4. Selecciona tres organismos encargados de la gestión ambiental e investiga el trabajo que realizan.
5. ¿Cuáles son las instituciones en México relacionadas con la gestión ambiental? Investiga algunos programas de estas instituciones.
6. Comenta en grupo cuáles son los alcances y limitaciones de los programas de estas instituciones en materia de gestión ambiental.
7. Revisa la página web de Semarnat y explica brevemente las funciones primarias de los organismos, comisiones e instituciones nacionales encargados de la gestión ambiental.

Páginas de internet recomendadas

<<http://www.pnuma.org/>>.

<<http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/Pages/inicio.aspx#>>.

<<http://www.eco-union.org/>>.

<<http://www.ecologistasenaccion.org/>>.

<<http://www.prodiversitas.bioetica.org/doc89.htm>>.

Participación social: organizaciones sociales no gubernamentales (ONG) y acciones independientes

● JOSÉ SANTOS MORALES HERNÁNDEZ

Organismos no gubernamentales (ONG)

Una organización no gubernamental (ONG) es cualquier grupo no lucrativo de ciudadanos voluntarios, organizado a nivel local, nacional o internacional que realiza tareas orientadas y dirigidas por personas con un interés común. Las ONG desarrollan una variedad de servicios y funciones humanitarias, llevan los problemas de los ciudadanos a los gobiernos, supervisan las políticas y alientan la participación de la comunidad, proveen de análisis y experiencia, sirven como mecanismos de advertencia temprana y ayudan en la supervisión e implementación de acuerdos internacionales. Algunas están organizadas sobre temas específicos, como los derechos humanos, el medio ambiente o la salud; su relación con las oficinas y las agencias del sistema de las Naciones Unidas difiere, dependiendo de sus metas, ubicación y mandato.

Más de 1 500 ONG con sólidos programas de información sobre temas relacionados con la Organización de las Naciones Unidas están asociadas con el Departamento de Información Pública (DIP), dándole a la ONU valiosos vínculos con las personas alrededor del mundo. El DIP ayuda a las ONG a tener acceso y difundir información acerca de la gama de temas en los cuales las Naciones Unidas están involucradas, para facilitarle al público el mejor entendimiento de los logros y objetivos de la organización mundial.

Las ONG afiliadas a una organización internacional que ya cuente con estatus pueden ser admitidas si demuestran que su programa de trabajo es de relevancia directa para los principios y propósitos de las Naciones Unidas; en el caso de organizaciones nacionales se requiere consultar al Estado miembro.

Una ONG debe reunir ciertos requisitos para ser elegible:

- Debe estar registrada con las autoridades pertinentes de su país como una ONG u organización sin fines de lucro, con una antigüedad mínima de dos años.
- Tener una sede establecida.
- Contar con una constitución democráticamente adoptada, autoridad para hablar ante sus miembros, una estructura representativa, mecanismos apropiados de contabilidad y procesos de toma de decisiones transparentes y democráticos.
- Los recursos básicos de la organización deben derivarse, principalmente, de contribuciones de afiliados nacionales u otros componentes, así como de miembros individuales.
- Las organizaciones establecidas por gobiernos o por acuerdos intergubernamentales no serán consideradas ONG.

ONG ambientalistas

A partir de la década de los cincuentas, señala Barba (1988),¹ han proliferado las organizaciones sociales en todo el mundo, surgidas o derivadas de la ingobernabilidad generada por el debilitamiento del Estado y de las instituciones. Estas organizaciones permean sus acciones y las traducen en gestión para el cambio y el desarrollo. Para Raúl Brañes (1997), abogado en legislación ambiental, una ONG ambiental incluye a grupos formales para el logro de objetivos de naturaleza social vinculados con la protección del medio ambiente, pero no son parte integrante de un gobierno.

Constituyen un grupo moral de carácter privado, que no percibe remuneración alguna del gobierno y que realiza acciones de educación, denuncia, investigación, preservación, protección, mejoramiento, desarrollo integral y aprovechamiento responsable de los recursos naturales

¹ Regina Barba Pírez es cofundadora del Pacto de Grupos Ecologistas, de la Federación Conservacionista Mexicana y de la Unión de Grupos Ambientalistas. Asistió a todo el proceso preparatorio para la Cumbre de la Tierra, celebrado en Río de Janeiro en 1992 y también a su evaluación, cinco años después, en Brasil y Nueva York (Barba, 1988).

y del medio ambiente; no obstante, estas acciones no siempre reflejan la calidad de las actividades que desarrolla la ONG, ni tampoco de su ideología o del sector al que se dirige primordialmente.

Algunos elementos importantes que caracterizan a estas organizaciones son: el origen de su capital, la conformación de su infraestructura o la dependencia de algún sector nacional, público, particular o de alguna fuerza del exterior. Se puede agregar el carácter ético, la cantidad de proyectos que manejan, la diversidad de temas que desarrollan y la integridad de éstos, entre otros.

Su presencia en la vida comunitaria se manifiesta por la cantidad de acciones efectuadas, las demandas atendidas, su presencia en los medios de comunicación, las publicaciones realizadas, la investigación desarrollada, etcétera.

Las ONG ambientalistas realizan una participación social a través de actividades orientadas a la solidaridad humanitaria, como a los problemas que afectan económica, política, social, y culturalmente al ambiente o a la salud de las comunidades. Esta participación se lleva a cabo como espectador que legitima su intervención por medio de la presencia voluntaria en reuniones y eventos, o porque pertenece a un grupo como socio o suscriptor; también mediante la acción en determinadas coyunturas, pero después pasan a la pasividad; en otras participaciones se sigue a un líder.

En México la participación social de ciertos sectores se ha limitado por la gran manipulación de la información en general, consiguiendo de esta manera que los verdaderos problemas estructurales y las causas de éstos pasen a un segundo o tercer término. Otros obstáculos son la marginación, la desnutrición y la falta de salud y educación, situaciones en las que las personas están más preocupadas por sobrevivir, que por participar socialmente. De esta manera, la verdadera participación se reduce, en general, a las clases medias y, bajo ciertas circunstancias y razones, a las clases altas.

La participación incluye votar, hablar o sólo asistir, sin embargo, estas acciones no son la única manera de hacerlo ni, necesariamente, las únicas y las mejores formas de participación, pues éstas no crean una mejor calidad de vida ni solucionan los problemas. Por tanto, hay

distintos tipos de participaciones, entre las cuales destacan las que se dan al interior del grupo al que se pertenecen y la participación conjunta de éste con otros sectores o instituciones.

En México las ONG ambientalistas se han incrementado de manera notable; no obstante, su participación en la gestión ambiental del Estado aún no alcanza los niveles deseables. La participación social, para los grupos ambientalistas, tiene un objetivo claro y, las más de las veces, es el gobierno quien cierra estos canales de comunicación. La participación tendrá sentido si se ubica en el contexto económico-político adecuado y se rige dentro del marco del derecho, de aquí que sea necesario contribuir al fortalecimiento de las ONG.

Algunos ejemplos de participación social en el Derecho Ambiental Internacional son: Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano; Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1992; Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte, 1993; Decisión-Recomendación C(88)85(final) de la OCDE; Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural.

Las ONG en México

De acuerdo con Regina Barba (2009), en los años setentas se generó en México, al igual que en otros países, una toma de conciencia por parte de la sociedad civil, sin embargo, las perspectivas de los movimientos ambientalistas fueron diferentes. El caso de México se asemeja más a los movimientos ambientalistas latinoamericanos que fueron orientados a los cambios estructurales, la crítica y la denuncia hacia lo social, lo político y lo económico, para el aprovechamiento y el manejo responsable de los recursos naturales, humanos y culturales. En cambio, en el norte enfatizaban la acción conservacionista de la naturaleza y una política de remediación de los efectos de la contaminación provocada por la industrialización, el desarrollo urbano, el incremento en el consumo, la tecnología predominante, etc. No obstante, en México también existieron algunos grupos que compartían la visión conservacionista debido, quizá, al escaso cuestionamiento que le proferían a la actuación del gobierno.

En la década de los ochentas las ONG mexicanas aumentaron y enfatizaron la democracia, la justicia y la equidad social, el equilibrio regional, el respeto a la diversidad de las etnias, la tenencia y usos del suelo y la sustentabilidad ecológica, tanto en la teoría como en la práctica. En algunos casos los grupos ambientalistas también se unieron a las luchas urbanas populares, de campesinos y de pescadores. Hacia 1984 y 1988 las denuncias ambientales contenían una visión integral poniendo énfasis en la participación democrática de la sociedad en el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales, y cuestionando también los procesos de toma de decisiones.

Debido también a lo cambiante de los grupos, a la variedad de sus actores, al dinamismo de sus manifestaciones, a las diferentes formas de expresión entre uno y otro, a la falta de profesionalización, de sistematización, de métodos, de seguimiento y de evaluación de su quehacer ambientalista, a la falta de infraestructura y de recursos económicos, los grupos ambientalistas empezaron un proceso de ruptura y de recomposición. Asimismo, hay algunas ONG de tipo conservacionista, que no han participado de estas situaciones. Igualmente, existen otras que se han dedicado, sobre todo, a la educación ambiental, a la investigación y publicación acerca del medio ambiente, y sólo cuestionan al sistema de manera teórica.

Actualmente las ONG ambientalistas han crecido mucho en número y en experiencia, sin embargo, su movilización política y su presencia en la cuestión pública se ha visto minimizada, la mayoría de las denuncias que se plantean en conferencias de prensa carecen de sustento y sus propuestas muchas veces son inviables.

Entre las numerosas organizaciones no gubernamentales (Unión de Grupos Ambientalistas de México, 2009) dedicadas al cuidado del medio ambiente en el país se pueden mencionar:

- Valle Hermoso Verde, A. C (Tamaulipas).
- Unidos Por los Derechos de los Animales, A. C. (México).
- Unión de Grupos Ambientalistas de México.
- Tonatzin Tlalli Venerable Madre Tierra, A. C. (Tamaulipas).
- Tierra Joven (D. F.)
- Instituto Sexto Sol de Acción Comunitaria (Chiapas).

- Sociedad Ecologista Hidalguense, A. C. (Hidalgo).
- Red Acción Ambiente (Toluca, Estado de México).
- Red de Varamientos Yucatán, A. C. (Yucatán).
- Reciclemos, A. C. (ciudad de México).
- Red Bioplaneta, A. C. (México).
- Profafo (Colima)
- Grupo Ecológico Sierra Gorda, A. C. (Sierra Gorda, Querétaro).
- Naturalia, A. C. (México).
- Movimiento Juvenil Ecologista del Estado de México, A. C. (Ecatepec, Estado de México).
- La Roca, A. C. Protectora de Animales (Veracruz).
- Instituto de la Naturaleza y Sociedad de Oaxaca (INSO) (Oaxaca).
- Greenpeace (México).
- Pronatura, A. C. (México).
- Reforestamos México (México).
- Limbo, A. C. (Coatzacoalcos, Veracruz)

Aunque en términos generales la situación ambiental no ha mejorado significativamente desde los inicios del movimiento ambientalista, y aunque algunos de los problemas ambientales se han agudizado, este fenómeno social ha influido considerablemente en la creación de leyes, reglamentos y normas, así como en la creación de instituciones encargadas de abordar y solucionar la problemática ambiental, y ha abierto también diferentes espacios institucionalizados, algunos de ellos de participación social. El planteamiento fundamental es si este movimiento o fenómeno tendrá la fuerza suficiente para contribuir con mayor firmeza en la construcción de nuevas formas de pensar y de vivir más amigables con el medio ambiente y con la vida en general, de la que los humanos somos parte.

Acciones independientes

Las asociaciones civiles, como parte de las acciones independientes que realizan un trabajo en favor del cuidado del medio ambiente, surgen en respuesta a las necesidades que no son cubiertas totalmente por el

gobierno. De esta manera, ante los actuales escenarios ambientales locales y nacionales, han surgido, a lo largo y ancho del país, numerosas acciones de éstas.

Tal es el caso de muchas comunidades rurales de México que comparten la falta de planes y programas de desarrollo o su aplicación substancial, lo cual deriva en un creciente deterioro social y de su ambiente. Un ejemplo de esta situación es el de Concepción Buenavista, Coixtlahuaca, Oaxaca, situada en la Mixteca Alta del estado, que comprende los lugares: Veinte Ídolos, Agua Bendita, La Luna, El Carrizal, El Venado, El Elite, Los Castillos, Aire Grande, etc., todos ellos conocidos como “La Montaña” (véanse fotos 1 y 2)



Fotos 1 y 2. Mixteca Alta, imágenes de la zona de estudio.

Bernardino Santamaría Jiménez (2006), originario de esta comunidad, motivado por los actuales problemas y los que vivió desde niño, presentó el trabajo para titularse de geógrafo “El turismo geográfico, una propuesta de sustentabilidad y reconocimiento territorial y cultural”. La consideración básica del objetivo general de este trabajo fue tener contacto con la realidad física y social del entorno, lo cual implicaba el conocimiento, comprensión y preservación del paisaje natural, cultural, agrario, etc.; valoración integradora que posibilita el desarrollo de las áreas deprimidas, al enfatizar el aumento de una conciencia social que demanda condiciones de vida más equitativas y menos impactantes, en concordancia con la búsqueda de un desarrollo sustentable (véanse fotos 3 y 4).



Fotos 3 y 4. Hallazgo de fósiles en Concepción Buenavista.

Los reconocimientos y exploraciones iniciales de la zona se realizaron con personas de confianza, posteriormente la comunidad en general comenzó a interesarse más por estas actividades hasta convertirse en una costumbre que hoy involucra a la población local y externa; no obstante, algunos primeros obstáculos fueron la indiferencia de las autoridades municipales, la apatía de los residentes y el vacilante apoyo de guías de itinerario por parte de la autoridad de bienes comunales. Fue con perseverancia, responsabilidad y compromiso que se demostró la seriedad del proyecto, lo cual permitió su aceptación y consolidación, y que actualmente se comenten y discutan en asambleas generales de la comunidad tanto la importancia como los avances del trabajo.

Entre las actividades que se realizan destacan:

- Observación de atractivos naturales.
- Observación de ecosistemas.
- Observación de flora y fauna.
- Observación de fósiles.
- Observación geológica.
- Observación sideral.
- Participación en proyectos de investigación biológica.
- Participación en programas de rescate de flora y/o fauna.
- Safari fotográfico.
- Senderismo interpretativo.
- Talleres de educación ambiental.

Estas acciones se efectúan sobre todo en los fines de semana y puentes, en periodos vacacionales —Semana Santa, vacaciones de verano, segunda quincena de diciembre—, y en eventos especiales como la fiesta de la Inmaculada Concepción, “Santa Patrona” de la comunidad, el 8 de diciembre (véanse fotos 5 y 6).



Fotos 5 y 6. Exhibición de los fósiles en las oficinas del municipio de Concepción Buenavista.

Los resultados comienzan a observarse en la comunidad después de cinco años, entre ellos se encuentra la propuesta, por parte de las autoridades, de la elaboración de una síntesis histórica de la población, que contemple sus orígenes, costumbres, tradiciones y elementos culturales propios que los identifican; asimismo, al ser descubiertos unos fósiles de gonfoterio y mamut, identificados por paleontólogos de la UNAM y de la Universidad del Mar de Puerto Escondido, Oaxaca, la siguiente acción es la creación de un museo de sitio, ya que aún existen restos por descubrir. Se ha creado también la página de consulta y contacto <<http://www.concepcionbuenavista.net/>>, para dar a conocer a los interesados y tener informada a la comunidad originaria que vive en la ciudad de México o en otras ciudades del país, sobre las costumbres, tradiciones, fotos y videoclips de la localidad, con sólo teclear “Concepción Buenavista”.

De conformidad con las actividades realizadas, el material rescatado y el que aún falta por salvar, Concepción Buenavista empieza a ser un punto de estudio y atracción tanto para las prácticas de campo de las escuelas y universidades, como para la gente en general.

Estudio de caso

La ONG Red Acción Ambiente (2009) (Toluca, Estado de México) tiene la misión de generar oportunidades de participación social en favor de la sustentabilidad y la conservación de los ecosistemas. Entre las actividades realizadas se encuentran la reforestación de 400 hectáreas en el Parque Nacional Nevado de Toluca; participación en la organización y en el evento del Récord Mundial Guinness de Reforestación, junto con la Conafor, en el municipio de Almoloya de Juárez; participación en la organización y en el evento de reforestación con el Frente Mazahua; campamentos ecológicos y de estudio con la Uaemex; pláticas y cursos en primarias, secundarias, preparatorias y facultades; elaboración de manuales de desarrollo sostenible; participación en foros locales nacionales e internacionales, entre ellos el Fórum de Monterrey 2007, el Foro Mesoamericano para el Desarrollo Humano Sostenible, y el Primer Encuentro Ambientalista de Tonatico; participación en la elaboración del Programa Nacional de Desarrollo del Presidente Felipe Calderón “Proyecto 2030”; participación, junto con la Cepanaf, en la dirección del Primer Foro de “Parques Nacionales” en la UVM campus Metepec; estudio florístico en el Parque Nacional Nevado de Toluca; participación constante en programas de radio y televisión; organización y participación, junto con 16 ONG de México, en la Magna Reforestación 2007; Campaña Informativa para Conciencia Ambiental “Despertar Ambiental”; Organización y promoción del Taller “Carta de la Tierra”, para los silvicultores del Estado de México, entre otras.

Actividades complementarias

1. ¿Cuáles son algunas ONG ambientalistas en México y qué actividades desempeñan?
2. Describe a qué sectores están dirigidas sus actividades.
3. Menciona ejemplos específicos de su participación en la sociedad.

4. ¿Qué propones para complementar los servicios y la participación social de las ONG en México?
5. Diseña un anteproyecto de conformación de una ONG dedicada al cuidado de alguno de los siguientes aspectos: agua, vegetación, fauna, cambio climático. Los puntos que debes considerar en su elaboración son: la problemática a tratar, los objetivos, el sector al que se dirige, los servicios que brindarías.

Páginas de internet recomendadas

<<http://www.sitesmexico.com/directorio/o/organizaciones-ecologia-mexico.htm>>.

<<http://www.pnuma.org/>>.

<www.naturalia.org.mx>.

<<http://www.ecoportal.net/content/view/full/158>>.

<<http://www.tierra.org/spip/>>.

Crisis ambiental y propuestas de solución

● LILIA SUSANA PADILLA Y SOTELO
JOSÉ SANTOS MORALES HERNÁNDEZ

Crisis ambiental

En la evolución y conformación de la geografía se ha considerado la relación entre el hombre y su medio o, más específicamente, entre la sociedad y la naturaleza, como objeto de estudio central. La producción teórica y metodológica de esta temática ha tenido como base filosófica predominante el pensamiento de Occidente¹ y se ha nutrido, en los últimos años, de la relación con otras corrientes del pensamiento, en la transdisciplinariedad. Así surgió la geografía ambiental, referida a enfatizar cambios cognoscitivos y de actitud en la relación con el espacio habitado, en las formas alternativas de construcción de una nueva sociedad y en la formación ambiental desde la acción educativa formal e informal, de manera que se ha adentrado en el análisis de temas modernos como la crisis ambiental.

Como afirma Leff (2001:7-8), la crisis ambiental es la crisis de nuestro tiempo se presenta como un límite del crecimiento económico y poblacional, de los desequilibrios ecológicos y de las capacidades de sustentación de la vida, de la pobreza y la desigualdad social, pero también la crisis del pensamiento occidental de la “determinación metafísica” que, al pensar en el ser como ente, abrió la vía a la racio-

¹ Cabe resaltar la gran influencia de la biología y la ecología en la geografía y, en particular, en la explicación de los fenómenos geográfico-ambientales a partir del concepto de sistema, tanto desde el punto de vista metodológico como empírico. Esta perspectiva de análisis sirvió como punta de lanza para extender el método de las ciencias naturales a la explicación de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza (y entre los subsistemas político, económico y cultural, entre otros), en términos de homeostasis, adaptación, flujos y/o ciclos de energía, etcétera.

nalidad científica e instrumental que produjo la modernidad como un orden cosificado² y fragmentado, como formas de dominio y control del mundo. Por ello, la crisis ambiental es, sobre todo, un problema del conocimiento, lo que lleva a repensar en el ser del mundo complejo, a entender sus vías de complejización para, desde allí, abrir nuevas vías del saber en el sentido de la reconstrucción y la reapropiación del mundo. La crisis ambiental, entendida como crisis de civilización, no podría encontrar una solución por la vía de la racionalidad teórica e instrumental que construye y destruye al mundo.

En la introducción del *Manifiesto por la Vida* (2002) se hace referencia a la crisis ambiental:

Es una crisis de civilización. Es la crisis de un modelo económico, tecnológico y cultural que ha depredado a la naturaleza y negado a las culturas alternas. El modelo civilizatorio dominante degrada al ambiente, subvalora la diversidad cultural y desconoce al “otro” (al indígena, al pobre, a la mujer, al negro, al Sur), mientras privilegia un modo de producción y un estilo de vida insustentables, que se han vuelto hegemónicos en el proceso de globalización. La crisis ambiental no es una crisis ecológica, sino social; es el resultado de una visión mecanicista del mundo que, ignorando los límites biofísicos de la naturaleza y los estilos de vida de las diferentes culturas, está acelerando el calentamiento global del planeta; éste es un hecho antrópico y no natural. La crisis ambiental es una crisis moral de instituciones políticas, de aparatos jurídicos de dominación, de relaciones sociales injustas y de una racionalidad instrumental en conflicto con la trama de la vida.

Aquí surge un cuestionamiento ¿por qué no se le da suficiente atención a la crisis ambiental, no obstante que está afectando al hábitat? Esto se debe a que la tecnología ha rebasado al hombre en cuanto a su uso racional.

La crisis del medio ambiente ha aumentado durante la segunda mitad del siglo XX, con la expansión capitalista; la han generado pro-

² Se refiere, según el Diccionario de la Real Academia Española, a convertir, considerar o tratar a las personas o animales como cosas; reducir a la condición de cosa aquello que no lo es. El trabajo mecánico ha convertido a las personas en cosas.

cesos socioeconómicos y tecnológicos junto con la inhabilidad de comprensión, por parte de las sociedades, del ambiente, del mundo y de la vida en su complejidad. Es la consecuencia evidente de la aplicación de un modelo de desarrollo que se caracteriza como no sustentable, sin embargo, la crisis del medio ambiente se ha venido gestando y en la actualidad se entiende como consustancial a la evolución histórica de la sociedad en su relación con la naturaleza. Puede considerarse como efecto del agotamiento de los recursos y la escasez de espacios de vertido de contaminantes, aunados a la incapacidad de los sistemas políticos, la desigualdad socioeconómica, la marginalidad de grandes grupos de población y la amenaza de un desastre nuclear, que se han convertido en factores desencadenantes de esa reciente crisis ambiental.

Cabe señalar que, de forma paralela al cambio ambiental, se ha producido también un cambio social global. Esto se debe, principalmente, a la propia dinámica interna del sistema mundial, cuya naturaleza exponencial alienta la expansión demográfica, los procesos de desarrollo económico y la tendencia hacia la globalización de la economía y de la tecnología, por medio de potentes redes de interdependencia (Guzmán, 2001), todo lo cual ha incidido en la crisis ambiental.

Esta crisis ambiental supone una separación del hombre y la naturaleza, hasta llegar a una naturaleza no humana y un hombre no natural, como los llama Kaplan (2009), e incluso dice que las soluciones al deterioro del medio ambiente también se vuelven problemas. Cabe preguntarse ¿debido a qué ocurre esto?, la respuesta está en la explosión demográfica que ha generado diferencias entre el norte y el sur mundiales, cada uno con sus propias crisis ambientales, pero que, a fin de cuentas, conciernen a ambos, así como a los ricos y a los pobres, con sus inherentes diferencias. El crecimiento de la población, la creciente industrialización y la marcada urbanización, van aumentando y ocupando espacios otrora naturales y hoy humanizados; asimismo, la agricultura intensiva y la ganadería extensiva sobreusan el suelo y ocupan agua en demasía, de manera que se ha visto amenazada la biodiversidad y los hábitats naturales han resultado afectados, las cadenas alimenticias fragmentadas, las especies se extinguen o están en peligro de extinción; la contaminación ambiental va en aumento por los desechos de industrias, el mal uso de energéticos, la tala de bosques;

todo esto en conjunto, afecta a la salud de la población y genera riesgos al ambiente, haciéndolos cada vez más vulnerables. En ese contexto, la geografía ambiental se preocupa por esta situación de crisis ambiental, en la cual el espacio es la base de la naturaleza.

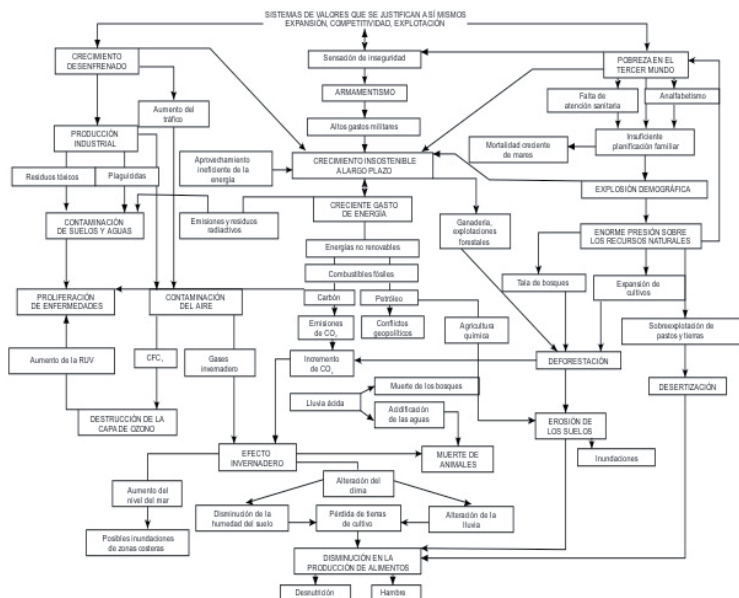
Trascendencia mundial de los problemas ambientales

Según Fernández (citado por Amaya, 2001), el actual modelo productivo, económico y social, basado en una lógica del crecimiento y acumulación, genera, aparentemente, un orden sustentado en el consumo de energéticos, ocasionando un desorden interno en lo social y económico y uno externo en lo ambiental, desórdenes en todos los niveles que se manifiestan de manera más marcada, en las grandes ciudades, que son los principales núcleos de acumulación y consumo, se apropian de los recursos, impactan al entorno y concentran los mayores grados de desigualdad social, con ello, las megalópolis³ como El Cairo, México, Sao Paulo, o las ciudades globales⁴ como Nueva York, Londres y París se convierten en espacios donde se concretan las diferentes crisis sociales y ambientales. Fernández les llama lugares de la “explosión del desorden”, que ilustran el modelo productivo y el modelo territorial resultante del modelo planetario que surge en los años ochentas del siglo XX: “la globalización” (véase cuadro 1).

³ Megalópolis: gran concentración urbana formada por varias ciudades o núcleos de población y sus zonas industriales, conjunto de áreas metropolitanas cuyo crecimiento urbano acelerado lleva al contacto de la influencia de una con las otras, formadas por conurbaciones de grandes ciudades. El término megalópolis fue introducido por el geógrafo francés Jean Gottmann en 1960, en su libro *Megalopolis, The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States*, donde hace referencia al sistema urbano que cuenta con una población de 10 millones de habitantes, cifra que puede ser superada.

⁴ Ciudades globales, desde las que se ejerce el control y la dirección de la economía mundial. En ellas convergen los nodos de las principales redes de telecomunicaciones, están las sedes de las principales instituciones financieras y se ubican los principales centros del poder mundial, lugares en los que se genera una información privilegiada que es vital para la toma de decisiones de alto nivel. Son sitios clave para la prestación de servicios especializados y financieros y la administración de procesos económicos globales con múltiples dinámicas transfronterizas en una red de lugares (Amin *et al.* , 2002)

CUADRO 1. PROBLEMAS MUNDIALES SEGÚN EL INFORME
SOBRE EL ESTADO DEL MUNDO



Fuente: Worlwatch Institute. Adaptación de Fritjof Capra, 1994.

Aceptando que la crisis ambiental es planetaria, se debe reconocer que la manera como ésta se manifiesta difiere entre los países del norte y los del sur. A algunos de los ciudadanos del norte les preocupan, por ejemplo, el agujero de la capa de ozono o el calentamiento global del planeta, mientras que a los del sur los preocupan el hambre y la insalubridad, situaciones que comprenden desde el agotamiento de los recursos hasta la pobreza, la inequidad y la injusticia social.

El desarrollo económico excesivo ha llevado a una contaminación generalizada del medio, a la destrucción de la capa de ozono, a la destrucción de los recursos naturales; por ejemplo, debido a la deforestación se pierden anualmente 17 millones de hectáreas de bosque tropical, y cada año se destruyen cuatro millones de hectáreas de zonas cultivables, por procesos de desertización. Un 33 % de la población mundial no cuenta con servicios sanitarios adecuados y 1 000 millones de habitan-

tes no disponen de agua potable; esta situación es la causante directa de dos millones de muertes y de millones de enfermos por año. Se estima que los niveles de contaminación en las zonas urbanas son responsables de entre 300 000 y 700 000 muertes prematuras por año; por ejemplo, en Bangkok, varios estudios sugieren que un niño de siete años ha perdido cuatro puntos o más de coeficiente intelectual, debido a la exposición al plomo en el aire. En México los costos del cuidado de la salud causados por aguas contaminadas representan 3 000 millones de dólares (Guzmán, 2001).

En 23 países, más de 10 % de las muertes se deben sólo a dos factores de riesgo medioambiental: la contaminación del agua y la polución del aire interior, causada por el uso de madera y carbón para la preparación de alimentos y calefacción. Los primeros afectados son las mujeres y los niños; alrededor del mundo los niños menores de cinco años son las principales víctimas, y más de 74 % de las afecciones derivan en muertes, principalmente por diarrea e infecciones respiratorias. El crecimiento del nivel del mar y la contaminación por carencia de plantas de potabilización, de tratamiento de líquidos cloacales y de desechos químicos, aumenta el riesgo de muerte, obligando al desplazamiento de las poblaciones. Algunas de las más vulnerables regiones son el delta del Nilo en Egipto, el delta del Ganges-Brahmaputra en Bangladesh, y muchas pequeñas islas como las Maldivas, las Marshall y Tuvalu, de acuerdo con el Informe sobre Desarrollo Humano 2007/08-ONU- Brasilia, Noviembre de 2007.

Este informe menciona también que las afectaciones son numerosas en los bosques convertidos de sistemas naturales en tierras para el cultivo o la ganadería, en la erosión de los suelos desertificados en muchos lugares, en la pérdida de fertilidad de los mismos; en la sobreexplotación de los mares por la pesca; en el clima con cambios significativos entre cuyas consecuencias se pueden citar la extinción de especies, el ascenso en el nivel del mar, el déficit de agua, que origina conflictos y migraciones, la expansión de enfermedades por efectos del calor; el efecto invernadero; la cuestión del agua como un problema severo, ya que hay escasez, consumo excesivo en algunas zonas, enfermedades por agua no potable, inundaciones y sequías en zonas deforestadas; la expansión urbana, que reclama espacios naturales y agua para la población y la

contaminación por residuos tóxicos, son algunos de los problemas más representativos de la crisis ambiental.

En este mismo informe, uno de los aspectos más apremiantes de resolver es el cambio climático, en él se identifican cinco mecanismos clave de transmisión, a través de los cuales el cambio climático puede paralizar, e incluso revertir, el desarrollo humano:

- Producción agrícola y seguridad alimentaria. El cambio climático afectará las precipitaciones, las temperaturas y el agua disponible para las actividades agrícolas en zonas vulnerables; por ejemplo, las zonas proclives a la sequía del África Subsahariana se podrían acrecentar a unos 60 a 90 millones de hectáreas. Otras regiones en desarrollo, entre ellas América Latina y Asia Meridional, también experimentarán pérdidas en la productividad agrícola, fenómeno que minará los esfuerzos para reducir la pobreza rural.
- Estrés por falta de agua e inseguridad de su dotación. Los cambios en los patrones de escorrentía y el derretimiento de los glaciares aumentarán el estrés ecológico, complicando la disponibilidad de agua para fines de riego y asentamientos humanos. Lugares como Asia Central, el norte de China y la zona septentrional del Asia Meridional enfrentan enormes vulnerabilidades asociadas con el repliegue de los glaciares a una velocidad de 10 a 15 metros por año en el Himalaya; en los próximos años, siete de los grandes sistemas fluviales de Asia experimentarán aumentos en su flujo, seguidos por una baja, a medida que se derritan los glaciares. La región andina también enfrenta riesgos inminentes en materia de seguridad hídrica, debido al colapso de los glaciares tropicales.
- Aumentos en el nivel del mar y exposición a desastres meteorológicos. Los niveles del mar tienden a crecer con el acelerado derretimiento de los mantos de hielo. El aumento de la temperatura mundial en 3 o 4 °C podría desembocar en el desplazamiento, permanente o transitorio, de 330 millones de personas, a causa de las inundaciones. Este fenómeno podría afectar a más de 70 millones de habitantes de Bangladesh, 6 millones en el Bajo Egipto y 22 millones en Vietnam, asimismo, los pequeños estados insulares del Pacífico y del Caribe podrían sufrir daños catastróficos.

- Ecosistemas y biodiversidad. El cambio climático ya está transformando los sistemas ecológicos; alrededor de la mitad de los sistemas de arrecifes de coral del mundo presentan “decoloramiento” como consecuencia del calentamiento de los mares. La progresiva acidez del océano es otra amenaza, a largo plazo, de los ecosistemas marinos. Por otra parte, los sistemas ecológicos basados en el hielo también registran efectos devastadores por el cambio climático, especialmente en el Ártico, mientras que algunas especies de animales y plantas se adaptarán, a muchas les resulta difícil seguir el ritmo de los cambios. Con un calentamiento de 3 °C, entre 20 y 30 % de las especies terrestres podrían enfrentar la extinción.
- Salud humana. Los países desarrollados ya están preparando sus sistemas de salud pública para enfrentar futuras crisis climáticas —como la sucedida durante la ola de calor de 2003 en Europa—, y las condiciones más extremas durante los veranos e inviernos; sin embargo, los mayores impactos para la salud se harán sentir en los países en desarrollo, debido a los altos niveles de pobreza y la deficiente capacidad de respuesta de los sistemas de salud pública.

La crisis ambiental actual no es sólo ecológica, sino es una crisis terminal que abarca a toda la concepción de sociedad, es ambiental, energética y de salud; es una crisis cotidiana en las noticias a niveles globales, regionales, nacionales y locales, es un conflicto entre naturaleza, economía y sociedad; se hace necesario, por tanto, conocer y actuar sobre las dimensiones geográficas de la crisis ambiental; hay que definir e identificar a los actores sociales de este problema, en un marco territorial. Su análisis, además, no puede restringirse a un nivel técnico sino que debe conjuntar sus bases sociales, políticas y económicas.

Principales problemas ambientales en México

La grave crisis ambiental actual en México se evidencia no sólo en la destrucción de los bosques o la contaminación del agua, y lo más lamentable es que no se cuenta con una conciencia en la población sobre

el costo e impactos que genera. Leff (2008), uno de los más importantes estudiosos de los problemas ambientales, en entrevista para una Agencia Informativa, da cifras y ejemplos alarmantes. No obstante que el agua es un bien vulnerable, finito y con valor social, económico y ambiental, en el país casi todos los lagos están contaminados y en algunos ríos la tasa de extracción es insostenible; de 653 acuíferos útiles, 102 están sobreexplotados, lo cual es, por tanto, un asunto nacional. En todo el territorio se registra un bajo índice de tratamiento del agua, porque no se cuenta con la infraestructura adecuada; enfatiza que no hay una cultura de su uso. Señala que el vital líquido es indispensable para la satisfacción prioritaria y para asegurar la realización de otras garantías como la vida, la dignidad y el nivel de bienestar óptimo, con las que está directamente relacionado, además del acceso a la salud, a la alimentación y al medio ambiente sano.

Gerardo Ochoa (2009) señala que los problemas ambientales en México son numerosos y complejos:

- Deforestación. La explotación y el deterioro de los bosques en México es una realidad, a pesar de contar con importantes recursos naturales. Las causas más importantes que provocan el deterioro de los bosques en México son: la tala inmoderada de árboles, los incendios forestales, la práctica del pastoreo y el desmonte. El crecimiento económico y poblacional que ha experimentado México en las tres últimas décadas, ha tenido como efecto una importante disminución de los recursos naturales; un claro ejemplo es el elevado ritmo de pérdidas de la capa arbórea de México, estimado en 200 mil hectáreas anuales. Es evidente que la deforestación, cualquiera que sea su propósito —ya sea el aprovechamiento de los recursos maderables o la conversión en pastizal para la ganaderización o la agricultura—, representa la principal causa de destrucción del hábitat de las especies y, en consecuencia, de la desaparición de muchas de ellas. Cuando la destrucción es total, no existe la posibilidad de esperar que se restablezca el hábitat por procesos naturales de sucesión. Tampoco los animales tienen la opción de encontrar refugio en otro lugar semejante al hábitat original, situación que puede causar su extinción.

- Por causa del frío murieron 300 mil mariposas monarca en el cerro de San Andrés, Michoacán, la atribución fue correcta, pero lo que se ocultó por quienes abordaron el problema es que una helada es más mortífera cuando el bosque se convierte en una isla en medio de un mar de deforestación, es decir, la falta de árboles alrededor de ese bosque permitió la penetración del frío con toda su intensidad. A los permisos de tala legalizada en terrenos protegidos hay que agregar la tala clandestina, ejercida todos los días y en todos los rincones del país. Se estima que 50 % de la madera extraída en el país proviene de la tala ilegal; por cualquier motivo se deforestan cada año alrededor de 700 mil hectáreas y, por lo menos, 367 áreas boscosas y selváticas en 23 estados están a punto de perder sus recursos forestales. Junto con Indonesia, México es el país que más rápidamente se está deshaciendo de su cubierta vegetal, la cual no sólo cae por la agricultura de roza-tumba-quema y por la sobreexplotación forestal, sino que últimamente por encubrir delitos forestales. Por ejemplo, en áreas del sur de la península de Yucatán, la caoba sigue siendo extraída a pesar de ser un delito, y para borrar las huellas de la tala, se prende fuego a la selva. En forma complementaria, la erosión ha degradado, al menos, 64 % de los suelos del país, aunque este porcentaje es considerado conservador.
- Afectación a las especies. México es un país megadiverso, calificación que comparten sólo 11 países del mundo. En esos países se concentra entre 60 y el 70 % de las especies del planeta, y 10 % de ellas pueden ser encontradas en México. Asimismo, en el sur y este de la península de Yucatán, incluso en el territorio de reservas de la biósfera y parques nacionales, continúa la cacería de animales silvestres; sus poblaciones, diezmadas, ya presentan signos ominosos de endogamia. Varias especies endémicas, es decir, existentes sólo en México, han sido extinguidas, como el pájaro carpintero imperial, la paloma de la isla Socorro, la tortuga blanca, el alce, el bisonte y dos especies de nutrias, entre otras. En México se consideran amenazadas 118 especies de mamíferos, 323 de plantas, 61 de peces, 42 de anfibios, 122 de reptiles y 122 de aves. En peligro de extinción se encuentran 122 especies de plantas, 45 de

mamíferos, 56 de aves, 16 de reptiles, 7 de anfibios y 59 de peces. Con todo, continúa el tráfico de especies silvestres. Las guacamayas verde y roja, el loro cabeza amarilla, los felinos pequeños como el ocelote y el tigrillo, siguen siendo cotizados por personas que ignoran o a quienes no les importa el sacrificio de enormes cantidades de animales y la destrucción de su hábitat para saciar un simple gusto. Para que un mono araña pueda convertirse en mascota hay que criarlo desde pequeño junto a los humanos, lo cual implica que los cazadores maten a la madre y, en ocasiones, hieran al resto del grupo de monos. Los puntos de compra y venta son conocidos por las autoridades y, entre ellos, destacan el Mercado de Sonora en la ciudad de México y Charco Cerrado en San Luis Potosí, si bien sólo son los ejemplos más visibles.

- Áreas protegidas. Fuera de algunas reservas y parques nacionales, la mayor parte de las áreas naturales protegidas lo son sólo en el papel, pero siguen siendo objeto de explotación forestal y de cacería, por lo menos. Recientemente se creó un santuario para la ballena gris en el mar de Cortés, misma región donde la vaquita marina, la mayor marsopa del mundo, está casi extinta. Esto es, se crea un área protegida por decreto, pero rara vez se hace algo más por la protección de las especies ahí resguardadas. En otras reservas continúa la depredación de los recursos, y los guardias forestales o ecológicos tienen que enfrentarse, desarmados, a cazadores furtivos, traficantes de especies y sus protectores gubernamentales. Muchas veces los enfrentamientos dejan a los guardias heridos e incluso muertos, cuestión que suele recibir nula atención de los medios. Del total de áreas naturales protegidas del país, todas tienen escasos recursos, y 36 de ellas carecen totalmente de ellos. Por otro lado, algunas políticas insensatas que en la práctica impiden la creación de criaderos de animales silvestres y de viveros de flora amenazada, sobre todo cactáceas —70 % de las especies mundiales de cactáceas se encuentran en México—, se tienen varios ejemplares de la flora y fauna mexicanas al borde de la extinción, debido a la carencia de vedas realmente vigiladas y a la presencia, en todo el territorio nacional, de grupos de cazadores furtivos nacionales y extranjeros.

- Tratamiento y manejo de residuos sólidos. El manejo incorrecto de los residuos sólidos constituye una amenaza grave para la salud, ya que entran en contacto, directo o indirecto, con el hombre en distintas etapas de su ciclo. Los grupos expuestos comprenden: la población de las zonas sin servicio de recolección de basura, sobre todo los niños en edad preescolar, los trabajadores de la limpieza, los de los centros que producen materiales tóxicos o infecciosos, las personas que viven cerca de los vertederos y las poblaciones cuyo suministro de agua resultó contaminado por vertidos o filtraciones. Además, el vertido industrial de residuos peligrosos que se mezclan con las basuras domésticas puede hacer que la población resulte expuesta a amenazas de origen químico o radiactivo. El manejo de los residuos sólidos conlleva, indudablemente, riesgos para la salud y puede dar lugar a infecciones, enfermedades crónicas y accidentes. Los propios lugares de tratamiento y eliminación de los residuos tienen potencial para amenazar a la salud de las poblaciones vecinas; dichos lugares son origen de fuegos, humos, polvo, ruido y vectores de enfermedad, como insectos, roedores o animales abandonados, y los incineradores causan contaminación del aire por emisión de partículas sólidas, sustancias químicas tóxicas y metales pesados. El manejo de la basura y de todos los residuos, peligrosos o no, es inadecuado; los inspectores son sobornados para permitir la descarga de aguas no tratadas en cuerpos de agua. En el documento "Cruzada por los Bosques y el Agua", la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2006) precisa que 78 % de las aguas residuales municipales y 85 % de las industriales se vierten sin recibir tratamiento alguno. Sólo 25 % de la basura generada cada día —poco menos de 84 mil toneladas— es depositada en un relleño sanitario, mientras que el resto es quemada o dejada al aire libre, arrojada a barrancas, lagos, ríos o al drenaje urbano. Así, son raros y excepcionales los cuerpos de agua dulce que no se convierten en drenajes o basureros, y entre 75 y 93 % del total nacional presentan contaminación de algún tipo. Actualmente en México se regulan poco menos de 5 000 sustancias tóxicas,

frente a más de 100 000 en la Unión Europea y 80 000 en Estados Unidos.

Las siguientes imágenes ilustran algunos ejemplos de esta crisis ambiental: (véanse fotos 1, 2 y 3)

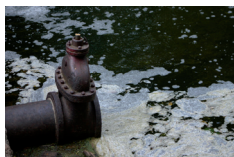


Foto 1. Efectos de la contaminación de cuerpos acuáticos.



Foto 2. La tala inmoderada.



Foto 3. Contaminación por residuos sólidos.

Gerardo Ochoa (*op. cit.*) también destaca que la catástrofe del medio ambiente en México rara vez es abordada con seriedad y consistencia por los medios de comunicación, y siempre es minimizada por las autoridades. Aunque muchos ciudadanos y agrupaciones han tratado de revertir estos daños a través de distintas acciones, la falta de una acción gubernamental bien coordinada se contrapone a lo logrado por estas personas. Con los pretextos de enfrentar problemas más urgentes y de la falta de tiempo, los gobernantes consideran la solución de los problemas ambientales como alejada o excluida de la superación del estándar de vida de la población que, de cualquier modo, no se ha presentado en México desde fines de los años sesentas y, como el daño es más extenso y grave de lo que puede percibirse a partir de los informes oficiales —más bien oficiosos— y del panorama que dan los medios, el futuro de la situación ambiental está no sólo comprometido, sino amenazado.

Propuestas de solución

A escala planetaria las soluciones a la crisis ambiental han sido una preocupación generalizada, sin embargo, es difícil darse cuenta del

riesgo de no cambiar; es complejo modificar conductas, porque los sistemas de percepción existentes y de valores no favorecen el cambio de actitudes ni la integración de alternativas de solución y de conservación ambiental a escala global. Lamentablemente, aún se ven, en algunos casos, los conflictos ambientales más técnicos que de génesis humana, no obstante que la cuestión ambiental es, sin duda, de máxima relevancia para el bienestar humano actual y futuro. De la adecuada utilización de los recursos naturales dependerán las generaciones venideras. En ese sentido, existen alternativas para la solución de esta problemática, entre las que se pueden mencionar la gestión, la investigación ambiental y la educación, entre otros temas, acerca de los cuales se mencionarán sólo algunos ejemplos.

Con respecto a la gestión ambiental, su responsabilidad ha sido inquietud prioritaria de las naciones industrializadas. Así surgieron acciones para preservar el medio ambiente, se organizan conferencias en torno al tema ambiental, entre ellas destacan la Primera Conferencia de las Naciones Unidas (ONU) Sobre el Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo, Suecia en 1972, que fue la primera iniciativa hacia el control ambiental global; en ella se establecieron una serie de principios guía para los países del mundo en la conservación y fortalecimiento del entorno humano; la Conferencia Mundial sobre el Manejo del Medio Ambiente, París, 1984 y 1989. En 1987, derivado de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y del Desarrollo, presidida por la primera ministro de Noruega, Ghro Harlem Brundtland, en su informe “Nuestro Futuro Común” subrayó la relevancia de la protección del medio ambiente para el “desarrollo sostenible” y la Declaración Ministerial de la Comisión Económica para Europa, de las Naciones Unidas.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, donde acudió el mayor número de países en una conferencia de este tipo en 1992, en Río de Janeiro, Brasil, denominada “Cumbre para la Tierra”. El concepto central fue el *desarrollo sostenible*, con crecimiento económico, equidad social y preocupación por el medio ambiente.

También es importante mencionar el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático, es un acuerdo internacional cuyo objetivo es reducir

las emisiones de seis gases⁵ que inciden en el calentamiento global, asumido en 1997 en el ámbito de naciones, el cual ha sido ratificado por 163 países, en él se impone para 39 países que se consideran desarrollados (no afecta a los países en vías de desarrollo como Brasil, India o China), la contención o reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero. Para llevar a cabo esta reducción de emisiones, según el Protocolo de Kyoto, se tomaron como base las emisiones generadas en 1990, de forma que los países que acaten el protocolo deberán reducir sus emisiones en 8 %. Para verificar el cumplimiento se medirá la media de emisiones desde 2008 hasta 2012, sin embargo, esto no se ha cumplido cabalmente, algunos países europeos no han cumplido con lo acordado y Estados Unidos, no obstante haberlo firmado, lo rechazó y se niega a ratificarlo.

Se tiene también la mencionada Norma ISO 14 000, que es un instrumento de gestión ambiental para el siglo XXI, junto a toda la lista de leyes, normas y acuerdos y las acciones sociales no gubernamentales e independientes que han surgido en cada país.

Teniendo en cuenta lo expresado, la geografía, junto con casi todo el resto de las disciplinas, ha tomado los temas de las problemáticas ambientales como parte de su objeto de estudio, revisando los problemas que surgen en la relación naturaleza-sociedad, y planteando posibles soluciones.

Los casos de estudio, casos de aplicación y las acciones independientes que se señalan en las distintas temáticas de las unidades que componen este libro son ejemplos de lo que se ha hecho y de las posibilidades de acción en México, en torno al cuidado del medio ambiente, son prueba de la necesidad de desarrollar acciones integrales y de cambiar o enriquecer los enfoques actuales dirigidos a la construcción de un paradigma que permita mayores y mejores posibilidades de vida más amigables para el hombre y para las demás especies.

El fenómeno global del deterioro ambiental ha sido motivo de reorientar las consideraciones antropocéntricas hacia las demás formas

⁵ Dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆),

de vida, como parte de un todo integrado. En concordancia, en 1993,⁶ 1 670 científicos de 70 países coincidieron en la necesidad de una ética global (Lazlo, 2004:24). Esta ética tiene estrecha relación con la expansión de la conciencia, la cual permitirá darse cuenta del valor de cada vez más cosas en el mundo, por lo que evolucionar la conciencia debe constituirse en el mayor objetivo del Estado, en todos sus niveles de poderes.

Se necesita una ética que se proponga seriamente detener la destrucción ambiental, que trascienda al individuo y a la sociedad, que comprenda lo biótico y lo simbólico y transforme la actitud humana de dominio en la de relación y pertenencia, y la comprometa con el sistema total de vida, que extienda su mirada al bienestar de las generaciones futuras, a las relaciones públicas, a los problemas de inmigrantes, la discriminación, la calidad de la vivienda, la pobreza, la identidad y la toma de decisiones, entre otros.

La no inclusión central de la ética, la bioética y la educación ambiental en los nuevos currículo, obedece a la falta de compatibilidad que existe con los actuales marcos educativos, que atienden más a los contenidos cognitivos que a los valores y los hechos. En este sentido, los estudios de los rasgos y fenómenos físicos y sociales se convierten en campos teóricos y no en realidades del lugar; esto es una causa de que los planes y programas no sean substancialmente aplicables y que no respondan a la realidad de los contextos, y si se agregan las carencias de gestión, los resultados se expresan como una falta de respeto y una insuficiente protección al ambiente y a las poblaciones.

El profesional ético debe ofrecer una preparación especial en sus capacidades intelectual, moral, física y social.

El aumento de la tendencia crítica de los problemas ambientales de México, a pesar de los avances en el aparato jurídico, justifica la creación de tribunales ambientales que cuenten con jueces expertos en el medio ambiente y con el soporte de especialistas de la ciencia y la tecnología, así como con la participación de todas las áreas y todas las personas. En forma paralela, también es importante difundir, eficaz y

⁶ Declaración de la Union of Concernid Scientists, 1993.

eficientemente, los contenidos jurídicos acerca del ambiente y concientizar a la población de la gravedad de los problemas ambientales.

Los potenciales logros en el cuidado y protección del ambiente serán el resultado de la construcción de un enfoque integral de gestión y de las mutuas relaciones disciplinarias, de la dirección que tomen los escenarios humanos y ambientales y de la efectiva integración y coordinación de su gestión. En este sentido, es importante promover el desarrollo de una ética integral y una concordante educación ambiental, aunadas al trabajo multidisciplinario que sustente una visión consensual, justa, comprensiva, atenta y flexible de pensamiento y acción.

Es claro que la solución a los problemas ambientales no se reduce a lo tecnológico, lo político, lo educativo, etc., sino a las acciones sustentadas en una atenta visión holista. Cabe plantearse la forma de promover y desarrollar esa conciencia y esa visión en cada gobierno, en cada sector, en cada persona, de otra manera, los programas de educación ambiental y de desarrollo sustentable no dejarán de ser sólo una moda o instrumentos de manipulación política, mientras continúan disminuyendo los bosques, el aire y las aguas se siguen contaminando, los suelos se deterioran y se extinguen las especies.

¿Qué hace cada uno de nosotros y cuánto estamos dispuestos a hacer por el cuidado del medio ambiente? Una primera respuesta es comprometerse a ser menos consumidores, menos extractores y menos dilapidadores.

CUADRO 2. IDEAS PARA EL DESARROLLO AMBIENTAL

- Al satisfacer nuestros intereses, también beneficiamos o afectamos al ambiente y a los demás.*
- En la despiadada competencia por alcanzar un nivel óptimo (poder, riquezas y éxito) se afecta a los demás y al ambiente, por lo tanto, hay que considerar que el fin no justifica los medios.*
- La mayor riqueza no reside en tener más dinero, sino en los bosques, los ríos, los lagos, los mares, que seguirán manteniendo la salud del planeta y la nuestra.
- “No es mi país, mi ciudad, mi empresa, etc., por lo tanto no me interesa...”. Más bien se debe recordar que somos parte de un todo, y todos somos ciudadanos del mismo mundo.

Continúa

Continuación

- La respuesta no es contar con más tecnología y más eficiencia, sin importar de qué se trate. La tecnología no puede o no debe ser la solución, sino una parte que está al servicio de la solución.
- El medio ambiente no debe ser destruido para que se ajuste a las necesidades y exigencias de un grupo, desajustando al ambiente y las necesidades de las especies locales.
- Para todos los propósitos la naturaleza no es una fuente inagotable de recursos ni un infinito basurero de desechos.
- Hay que diseñar nuevos estilos de vida menos impactantes y con una lógica de organización y funcionamiento sostenidos por la naturaleza.
- Se debe promover el convencimiento y la pertenencia más que la conveniencia o el deber de participación.
- Construir sobre un marco de resultados, no de problemas, es un referente de la ética individual y social con elementos locales y globales.
- Hay que generar conocimientos y métodos integradores suficientemente sustentados, que permitan pensar globalmente y actuar localmente, con compromiso y responsabilidad social.
- Orientar planteamientos de participación y cooperación desde y para las etapas psicológicas del individuo y sus características sociales.
- Construir visiones de unificación entre las disciplinas, con valores universales.
- Reconceptualizar indicadores ambientales, sociales y económicos, para que ayuden a quienes toman las decisiones y dirijan las políticas.

Fuente: *Adaptación de Ervin Laszlo, 2004.

CUADRO 3. ¿QUÉ PENSAMIENTOS SE PUEDEN Y SE DEBEN PROMOVER, CAMBIAR Y DESARROLLAR CON LA ENSEÑANZA SOBRE EL AMBIENTE?

- Primero hay que recuperar y desarrollar el sí mismo —base de una conciencia social y geocéntrica— y ayudar a las nuevas generaciones a que construyan sobre este sí mismos.
- Satisfacer nuestras necesidades sin mermar las de los demás y las de otras formas de vida.*
- Actuar por los derechos de todas las formas de vida y procurar la integridad del ambiente.
- Apoyar iniciativas, programas y planes que no dañen al medioambiente.

Continúa

Continuación

- Promover el consumo responsable, “ético” y “justo”.
- Ayudar a los menos privilegiados a vivir sin hambre y sin miseria.*
- Promover el trato empático, particular y general, creativo y responsable.
- Gestar nuevos currículos de enseñanza, con métodos integradores, con actitudes profundas y significativas.
- Identificar, examinar y promover, a distintos niveles, con pensamiento crítico, la información necesaria para el cuidado del medio ambiente y de todas las formas de vida.
- Involucrar al individuo en su contexto, para identificar y participar en proyectos de solución.
- Lograr coherencia local y global en los planes y programas de participación científica, tecnológica, política, económica, social y cultural.
- Convertirse en el cambio que deseamos, ser como la “mariposa”, cuyo aleteo es capaz de detonar una tormenta.*

Fuente: *Adaptación de Ervin Laszlo, 2004.

Estudio de caso

Un ejemplo claro de la crisis ambiental en México se da en el lago de Chapala y tiene su origen en el crecimiento urbano e industrial iniciado desde la mitad del siglo pasado, en la sobreexplotación de los recursos hídricos, cuya escasez, contaminación y uso irracional han dado lugar a que sus niveles se reduzcan por la necesidad de agua para la zona metropolitana de Guadalajara, al no alcanzar a cubrir las demandas de los centros urbano-industriales, demuestra una tendencia a la “no sustentabilidad” del lago, que se manifiesta en una baja constante de sus niveles. Esta problemática, destaca Ramón Ojeda Mestre (Secretario General del Comité Internacional de Arbitraje Ambiental en México, entrevistado por Víctor Godínez en 2008, en un periódico de circulación nacional), “no sólo ha cobrado vidas de niños, jóvenes y adultos, también ha deteriorado ‘aceleradamente’ la salud de los mexicanos; prueba de ello es el alto índice de enfermos de hepatitis, cáncer o diabetes, registrado en los centros de salud de todo el país”.

Continúa

Continuación

La crisis ambiental en el lago de Chapala que, como se dijo, se expresa en sus niveles cada vez más bajos, y el abastecimiento de agua para la zona metropolitana de Guadalajara, tiene una relación directa con el crecimiento urbano industrial que no ha permitido la posibilidad de garantizar un desarrollo sustentable para los diferentes usuarios de este recurso y con las relaciones de poder que han creado intereses económicos, políticos y sociales a lo largo de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Otros factores que incrementan el problema del desabasto de agua y la escasez de este vital líquido es el deterioro ecológico generado por los distintos actores sociales, como los industriales que desechan sus residuos contaminados, los usuarios urbanos y los agricultores, que la contaminan de diversas formas, lo cual limita el reuso de agua e incrementa su costo de tratamiento; las pérdidas en los sistemas de agua potable generadas por el uso irracional y las fugas de la red de distribución que arrojan mermas de 30 %, son factores que disminuyen la oferta del agua.

La construcción del acueducto Chapala-Guadalajara, que inició en 1985 y concluyó en 1988, junto con el dique de Maltaraña y el canal Ballesteros, no lograron solucionar el problema, pues no consideraron a las poblaciones intermedias entre las grandes ciudades y su paulatino crecimiento, generándose una lucha de poder regional e interregional por los diferentes usos del agua.

De esta forma, la competencia por el uso del agua es cada vez más fuerte, y las normas que las autoridades fijan para mantener el nivel deseable del agua en la cota difícilmente pueden resistir las presiones de grupos económicos y de los distintos usuarios. Esta problemática es digna de análisis y reflexión, ya que, de exceder las capacidades objetivas del lago, puede desembocar en un colapso ambiental.

Actividades complementarias

Organicen una mesa redonda en la que lleguen a conclusiones y propuestas acerca de los siguientes puntos:

- a) ¿Cómo percibes y te afecta la crisis ambiental en tu vida diaria?
- b) ¿De qué manera contribuyes a la crisis ambiental con tus hábitos, costumbres y actitudes?
- c) A partir de tu historia de vida, ¿qué cambios de la crisis ambiental has podido identificar en tu entorno inmediato?
- d) Comenta y reflexiona, en equipo, los puntos señalados en los recuadros 2 y 3. ¿Cuáles de ellos realizas y con cuáles puedes comprometerte?
- e) Busca en periódicos y revistas recientes, noticias de acciones gubernamentales y no gubernamentales a favor de mitigar aspectos de la crisis ambiental en México.
- f) Investiga qué acciones realizan organismos nacionales e internacionales a favor de mitigar la crisis ambiental.
- g) A partir de uno o varios de los puntos anteriores, representa la información en un cuadro, diagrama o esquema.

Páginas de internet recomendadas

<<http://www.bibliojuridica.org/libros/1/141/4.pdf>>.

<<http://www.pnuma.org/>>.

<<http://www.undp.org.mx/ProyectosTodos.aspx>>.

<http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=29137&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html>.

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

<<http://www.argonmexico.com/cronicas/la-tesis-ambiental-actual.html>>.

Bibliografía

- AMAYA, Carlos, “Reseña del libro de Ramón Fernández Durán, *La explosión del desorden: la metrópoli como espacio de la crisis global*”, en *Revista Geográfica*, vol. 42, núm. 1. Venezuela, 2001, pp. 145-148.
- AMIN, A. y N. Thrift, *Cities: Reimagining the urban*. Inglaterra, Cambridge, 2002.
- BALLESTEROS, Jesús y José Pérez Adán, *Sociedad y medio ambiente*. Valladolid, Trotta, 1997, pp. 33-48.
- BARBA PÍREZ, Regina coord. y comp., *La guía ambiental: lo que tú puedes hacer para ayudar*. México, Unión de Grupos Ambientalistas, 2009.
- BARBA PÍREZ, Regina, *Antecedentes de las ONGs en México* [en línea]. <<http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/1197df6.html>>.
- BARBA PÍREZ, Regina, *El interés de la ONGs ambientales extranjeras en la protección ambiental*. México, El Colegio de México, 1989.
- BRAÑES R., *Aspectos institucionales y jurídicos del medio ambiente. Incluida la participación de la ONGs en la gestión ambiental*. Wahington, Banco Interamericano de Desarrollo, 1997.
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL HEROICO CONGRESO DE LA UNIÓN. “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”, en *Diario Oficial de la Federación* [en línea]. última reforma DOF 05-07-2007, <<http://www.diputados.gob.mx/leyes/biblio>>.
- CARPO, Fritjof, *Nueva conciencia*. Barcelona, Integral, 1994, pp. 26-27.
- COMISIÓN MUNDIAL SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO, *Comisión Brundtland* [en línea]. <<http://.wordbank.org/depweb/spanish/sd.html>>.
- CONFERENCIA GENERAL DE LA UNESCO [en línea]. <http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=30298&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.htm>.
- DECLARACIÓN UNIVERSAL SOBRE BIOÉTICA Y DERECHOS HUMANOS [en línea]. <<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180S.pdf>>.

- DELEAGE, Jean-Paul, *Histoire de L'ecologie: Une science de L'homme et de la nature*. París, La Decouverte, 1991.
- DÍAZ ARCINIEGA, V. comp., *Alfonso Reyes Misión Diplomática*, t. I. México, FCE / Secretaría de Relaciones Exteriores, 2001.
- DURÁN J., Juan M. y A. Torres, "Crisis ambiental en el lago de Chapala y el abastecimiento para Guadalajara", en *e-Gnosis*, vol. 1. México, Universidad de Guadalajara, 2003, pp. 1-13.
- ENKERLIN, Ernesto C. *et al.*, *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Internacional*. México, Thomson, 1997.
- FERNÁNDEZ BUEY, F. y J. Riechmann, *Redes que dan libertad. Introducción a los nuevos movimientos sociales*. Barcelona, Paidós Ibérica, 1995.
- FLAVIN, Christopher, "El legado de Río", en Brown Lester, *La situación del mundo*. Barcelona, Icaria, 1997.
- FOLADORI, Guillermo y Humberto Fommasino, "El concepto de desarrollo sustentable treinta años después", en *Desenvolvimiento del Medio Ambiente* [en línea]. núm. 1, Editora da UFPR, 2000, pp. 41-56. <Jan/jun <http://sprausg.googlepages.com/DESARROLLO-SUSTENTABLE30AOSDESPUS.pdf>>.
- GALINDO JARAMILLO, José Manuel y Eleazar Loa Loza, "Marco jurídico e institucional para el uso y la conservación de la biodiversidad" [en línea]. en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, *La diversidad biológica de México de México: Estudio de País 1998*. México, Conabio, 1998, pp. 238-242. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/estudiodepais/CAP8_MarcoJuridico.pdf>.
- GODÍNEZ, V., "Entrevista a Ramón Ojeda Mestre, Causa la contaminación 32 mil muertes al año; México en crisis", en *El Sol de México* [en línea]. México, 30 de marzo de 2008. <<http://www.oem.com.mx/elsoldemexico/notas/n645443.htm>>.
- GOLDSMITH, Edward, "La necessitat d'una economia ecològica mundial", en *Una sola Terra*. Barcelona, S. Vilanova, 1990, pp. 111-114.
- GONZÁLEZ GAUDIANO, Edgar, coord., *La educación frente al desafío ambiental global. Una visión latinoamericana*. México, CREFAL / Plaza y Valdés, 2007.

- GONZÁLEZ GAUDIANO, Edgar, *Elementos estratégicos para el desarrollo de la educación ambiental en México*. México, Secretaría de Desarrollo Social en México / INE, 1993.
- GONZÁLEZ VALENZUELA, Juliana, coord., *Perspectivas de bioética*. México, UNAM, FFYL / FCE / CNDH, 2008.
- GUEVARA A. Del Río, P., “La microempresa y el cumplimiento voluntario de la ley ambiental en México”, en Mercado A. Aguilar I., *Sustentabilidad ambiental en la industria: conceptos, tendencias internacionales y la experiencia mexicana*. Mexico, El Colegio de México, 2005.
- GUZMÁN, Aldo, “La problemática ambiental desde la perspectiva geográfica”, en *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, núm. 296. España, Universidad de Barcelona, 28 de junio, 2001.
- GURRÍA DI BELLA, Manuel, *Lecciones de ética ambiental*. Puebla, Universidad de las la Américas, 2007.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS, *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, legislación vigente a agosto 2009 [en línea]. <<http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/fed/9/>>.
- JARDÓN U., Juan J., *Energía y medio ambiente. Una perspectiva económico-social*. México, Plaza y Valdés, 2007.
- KAPLAN, Marcos, *La crisis ambiental análisis y alternativas* [en línea]. <<http://www.bibliojuridica.org/libros/1/141/4.pdf>>.
- KATES, Robert W., “Sustaining life on earth”, en *Scientific American Magazine*, 1994, p. 8.
- LAZLO, Ervin, *Tú puedes cambiar el mundo. Manual del ciudadano global para lograr un mundo sostenible y sin violencia*, Un informe del club de Budapest. Madrid, Ediciones Nowtilus, S. L, 2004.
- LAZLO, Ervin, *El Universo In-formado*. Madrid, Ediciones Nowtilus S.L., 2007.
- LEFF, Enrique, *La Complejidad Ambiental*. México, Siglo XXI, 2000.
- LEFF, Enrique, “La crisis ambiental actual”, en *Entrevista para Agencia Informativa Argon*, 30 de noviembre de 2008 [en línea]. <<http://www.argonmexico.com/cronicas/la-crisis-ambiental-actual.html>>.

- LEFF, Enrique, *Justicia ambiental. Construcción y defensa de los nuevos derechos ambientales, culturales y colectivos en América Latina*. México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2001.
- MAHOID, Gunter y Víctor L. Urquidi, comps., *Diálogo con nuestro futuro Común. Perspectivas Latinoamericanas del Informe Brundtland*. México, Fundación Friedrich Ebert / Nueva Sociedad, 1990.
- MAHOID, Gunter y Víctor L. Urquidi comps., *Manifiesto por la vida Por una ética para la sustentabilidad*, elaborado por participantes en el Simposio sobre Ética y Desarrollo Sustentable, celebrado en Bogotá, Colombia, los días 2 al 4 de mayo de 2002. Versión en *Ambiente & sociedad*, núm.10, Campinas Jan./June, Brasil.
- MARCANO, José E., *Documentos Educación Ambiental* [en línea]. <<http://www.jmarcano.com/educa/docs/index.html>>.
- MEDELLÍN MILÁN, P. y L. M. Nieto-Caraveo, "La producción de conocimiento sobre la sostenibilidad: Tópicos emergentes", en *La educación superior ante los desafíos de la sustentabilidad*, vol. 3. México, ANUIES-Semarnap-Universidad de Guadalajara, 2000, pp. 77-88.
- NEGRAO, R., *Gestión ambiental. 2º curso integral de aspectos de geológicos de protección ambiental*. Estados Unidos de América, Instituto de Ciencias UNICAP, 1977.
- NOGUEIRAS, A. C., *Educación ambiental* [en línea]. <www.ceida.org/CD>.
- NOGUERA DE ECHEVERRI, Ana Patricia, *El Reencantamiento del Mundo*. Colombia, PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Caribe-Universidad Nacional de Colombia, IDEA, 2007.
- OCHOA, Gerardo, *Problemas ambientales de México* [en línea]. <www.hiperactivos.com/ambientales.shtml>.
- ONG, *Red Acción Ambiente* [en línea]. <http://www.codhem.org.mx/LocalUser/codhem.org/transparencia/XIII_Mecanismos_de_Participacion_Ciudadana/Directorio_ONG.pdf>.
- ONU, *Comisión mundial del medio ambiente y desarrollo. Nuestro Futuro Común*. España, Alianza, 1988.
- ONU, *Agenda 21: Contenidos principales* [en línea]. <www.agenda21.org>. Brasil, 1992.

- ONU, *Informe sobre Desarrollo Humano 2007/08*, Noviembre. Brasilia, ONU, 2007/2008.
- PANTZINGO, *Centro Ecoturístico Pantzingo* [en línea]. <<http://www.pantzingo.com/>>.
- PNMARN, *Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales* [en línea]. <<http://www.sma.df.gob.mx/educacionambiental/>>.
- PNUD, *Índice mundial de desarrollo humano. Políticas públicas para garantizar la sostenibilidad ambiental*. Estados Unidos de América, ONU, 2003.
- PNUMA/ORPALC, “Declaraciones de Nairobi”, en *Agenda 21. Síntesis de los contenidos* [en línea]. <pnuma.org>. Panamá, PNUMA, 1998.
- POTTER, V. R., *Bioethics: Bridge to the future*. Prentice-HallPub Nueva York, 1971.
- PRESIDENCIA, *Educación ambiental. Hábitos de consumo* [en línea]. <<http://www.presidencia.gob.mx/>>.
- PROFEPA, *Normatividad ambiental* [en línea]. <http://www.profeпа.gob.mx/NR/rdonlyres/7739ADD6-34B7-4FAD-92AF4A-AD42234BE5/901/slp_audamb.pdf>.
- PULIDO ARANDA, Alberto, *Política ambiental*. México, Foro Universitario, julio, 2006, pp. 18-23.
- SABANITI, F., C. Sepúlveda, y H. Blanco, *Participación Ciudadana para Enfrentar Conflictos Ambientales-Desafíos para el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile, CIPMA, 2000.
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Adolfo, *Ética*. México, Crítica, 1999.
- SANTAMARÍA JIMÉNEZ, Bernardino, *El turismo geográfico, una propuesta de sustentabilidad y reconocimiento territorial y cultural*. México, 2006. Tesina, UNAM, FFyL.
- SEMARNAP, “Avances y retos de México en la atención a la Agenda 21. Informe 1995-2000”, en *Cuadernos para la Agenda 21 de México*. México, Semarnat, 2000.
- SEMARNAP-PNUD [en línea]. <<http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddeaire/Pages/inicio.aspx>>.
- SEMARNAT-CONABIO, *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México* [en línea]. México, Conabio, 2000. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/estrategia_nacional/doc-pdf/ENB-pdf>.

- SEMARNAT, *Plan de Desarrollo 2006-2012* [en línea]. <<http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/ConsultaPlanNasDes/hconsultaplan nasdesarrollo.asp>>.
- SEMARNAT, “Reglamento interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales”, en *Diario Oficial de la Federación* [en línea]. <[http://www.semarnat.gob.mx\(leyes y normas/pages/regla mentos del secor.aspx](http://www.semarnat.gob.mx(leyes y normas/pages/regla mentos del secor.aspx)>.
- SEMARNAT, *Educación ambiental. Hábitos de consumo* [en línea]. <<http://www.semarnat.gob.mx>>.
- SMITH-SEBASTO, Nicholas [en línea]. <<http://www.nres.uiuc.edu/Dy namic.aspx?PageId=74>>.
- TECNOLÓGICO DE MONTERREY, *Legismex* [en línea]. <<http://uninet.mty.itesm.mx/legismex.html>>.
- TOYNBEE, A., *Lectures On The Indutrial Revolution In England* [en línea]. Inglaterra, 1884. <<http://socserv2.socsci.mcmaster.ca/>>.
- TUAN, Yi Fu, *Space and place. The perspective of experience*. Estados Unidos de América, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1997.
- UNESCO, *La educación ambiental* [en línea]. <<http://www.unescoeh.org/manual/html/fundamentos.html>>.
- UNESCO, *Normas, acuerdos y convenios para el cuidado y protección al medio ambiente* [en línea]. <<http://www.unescoeh.org/manual/html/fundamentos.htm>>.
- UNIÓN DE GRUPOS AMBIENTALISTAS DE MÉXICO [en línea]. <<http://www.ecoportat.net/content/view/full/15320>>.
- UNITED NATIONS, *The Quotable Kofi Annan: Selections from speeches and statements by the Secretary-General*. Nueva York, United Nations Dept. of Public Information, 1998.
- VALDÉS, Margarita M. comp., *Naturaleza y valor. Una aproximación a la ética ambiental*. México, UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas / FCE, 2004.
- WILBER, Ken, *Breve historia de todas las cosas*. Barcelona, Kairós, 1997.

Índice

Agradecimientos	7
Presentación	9
 UNIDAD 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONTEXTO ESPACIAL DE LA GEOGRAFÍA AMBIENTAL DE MÉXICO	 13
 Espacio geográfico <i>María del Carmen Juárez Gutiérrez</i>	 15
 Construcción del marco teórico de la geografía ambiental <i>Lilia Susana Padilla y Sotelo y Ana María Luna Moliner</i>	 33
 Contexto ambiental global y geografía <i>Ana María Luna Moliner y Lilia Susana Padilla y Sotelo</i>	 51
 Estudio de caso	70
Bibliografía	73
 UNIDAD 2. INTERRELACIÓN POBLACIÓN-RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE NACIONAL	 77
 Recursos naturales del territorio mexicano <i>Angélica Margarita Franco González</i>	 79
 Clima y ambiente bioclimático <i>Irma Edith Ugalde García</i>	 85

Ambiente hidrológico	
<i>Angélica Margarita Franco González</i>	95
La geografía minera contemporánea	
<i>María Teresa Sánchez Salazar</i>	115
Estudio de caso	124
Los suelos de México y su relación con la producción de alimentos	
<i>Marta Concepción Cervantes Ramírez</i>	127
Recursos marinos de México	
<i>Adolfo Gracia</i>	151
Nutrimientos y productividad de los mares mexicanos	
<i>Martín Merino-Ibarra, Patricia M. Valdespino y Sergio Castillo</i>	155
Estudio de caso	159
Servicios ecosistémicos	
<i>Elva Escobar Briones</i>	161
Uso y producción de energía	
<i>Angélica Margarita Franco González</i>	171
Estudio de caso	188
Bibliografía	190
UNIDAD 3. DETERIORO AMBIENTAL DE MÉXICO	199
Contaminación atmosférica: perjuicio a la salud ambiental, humana y socio-económica	
<i>Norberto Alatorre Monroy</i>	201
Contaminación del agua	
<i>Angélica Margarita Franco González</i>	215

Problemas del suelo	
<i>Adán Guillermo Ramírez García</i>	227
Desechos sólidos: tipos, problemas y manejo	
<i>Adán Guillermo Ramírez García</i>	247
Contaminación marina y pérdida de ecosistemas costeros	
<i>Elva Escobar Briones, Carlos Green Ruiz, Federico Páez Osuna,</i> <i>Guadalupe Ponce-Vélez, Leticia Rosales Hoz, Ana Carolina</i> <i>Ruiz-Fernández, Martín F. Soto Jiménez y Alfonso Vázquez Botello</i>	265
Eutrofización	
<i>Martín Merino Ibarra, Patricia M. Valdespino, Emiliano Monroy Ríos</i> <i>y Jorge Ramírez Zierold</i>	281
Estudio de caso	283
Bibliografía	285
UNIDAD 4. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA	291
Interacción hombre-naturaleza: los inicios	
<i>José Manuel Espinoza Rodríguez, Leticia Gómez Mendoza,</i> <i>Enrique Muñoz López y Claudia Aguilar Zúñiga</i>	293
Bibliografía	335
UNIDAD 5. POSTURAS COGNOSCITIVAS, EDUCACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL	339
Posturas cognoscitivas ambientales: filosofías, ética y bioética	
<i>José Santos Morales Hernández</i>	341
Estudio de caso	353
Educación ambiental	
<i>José Santos Morales Hernández</i>	355

Estudio de caso	366
Gestión ambiental: marco jurídico internacional y nacional	
<i>María Del Carmen Juárez Gutiérrez, Lilia Susana Padilla y Sotelo</i>	
<i>y José Santos Morales Hernández</i>	369
Estudio de caso	388
Gestión ambiental: organismos e instituciones internacionales	
y nacionales	
<i>Lilia Susana Padilla y Sotelo, José Santos Morales Hernández y</i>	
<i>Norberto Alatorre Monroy</i>	391
Estudio de caso	404
Participación social: organizaciones sociales no gubernamentales (ONG)	
y acciones independientes	
<i>José Santos Morales Hernández</i>	407
Estudio de caso	416
Crisis ambiental y propuestas de solución	
<i>Lilia Susana Padilla y Sotelo, José Santos Morales Hernández</i>	419
Estudio de caso	437
Bibliografía	440

Geografía ambiental de México, publicación digital, editada por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM se terminó el 30 de noviembre de 2014. La composición y formación tipográfica en tipos Times New Roman, 11:13, 10:12 y 9:11 puntos, así como el diseño de cubierta fueron elaborados por Sigma Servicios Editoriales. El cuidado de la edición la realizaron Evelín Ferrer y Juan Carlos H. Vera.

