

BIODIVERSIDAD

Ana Cecilia Travieso-Bello

¿Qué es la biodiversidad?

La **palabra biodiversidad** está formada por el prefijo bio que significa vida y la palabra diversidad que se refiere a la variabilidad. De la década de los ochenta a la fecha, se han realizado muchos estudios sobre este tema, y han surgido diversas definiciones de este término. Después del análisis e integración de las mismas, en este capítulo se define a la biodiversidad como el resultado del proceso evolutivo y se refiere a la identidad y variación de genes, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas, tipos de paisajes y culturas, incluyendo su estructura (modo de organización) y funciones.

La biodiversidad cambia en el espacio y en el tiempo, por tanto, puede analizarse espacialmente a nivel genético, de especie, comunidad, ecosistema, paisaje, cultura. Temporalmente, se puede considerar la escala ecológica (varios años) y la escala evolutiva (millones de años).

La biodiversidad es la identidad y variación de genes, especies, comunidades, ecosistemas y paisajes en el espacio y en el tiempo.

La diversidad es jerárquica, es decir, los niveles superiores engloban a los inferiores y presentan propiedades emergentes que no existen en los niveles más bajos (Figura 1). El nivel de paisaje puede considerarse un escenario, ya que desde éste gran parte de los procesos de deforestación, fragmentación, erosión, contaminación, etc. son visibles de forma integrada y con límites espaciales definidos.

Históricamente, en el estudio de la biodiversidad se han observado dos enfoques, el taxonómico y el ecológico (Ogata y de Luna, 1998). Los taxónomos tradicionales estudian la biodiversidad a través de la clasificación, inventario e identificación de organismos presentes en un sitio, mientras que los ecólogos relacionan la biodiversidad con factores físicos y biológicos, estiman, comparan y proyectan la riqueza (número de especies diferentes) y abundancia de especies (cantidad de individuos de una misma especie) en un sitio, entre sitios y en el paisaje. Estos enfoques no son excluyentes, sino que se complementan entre sí.

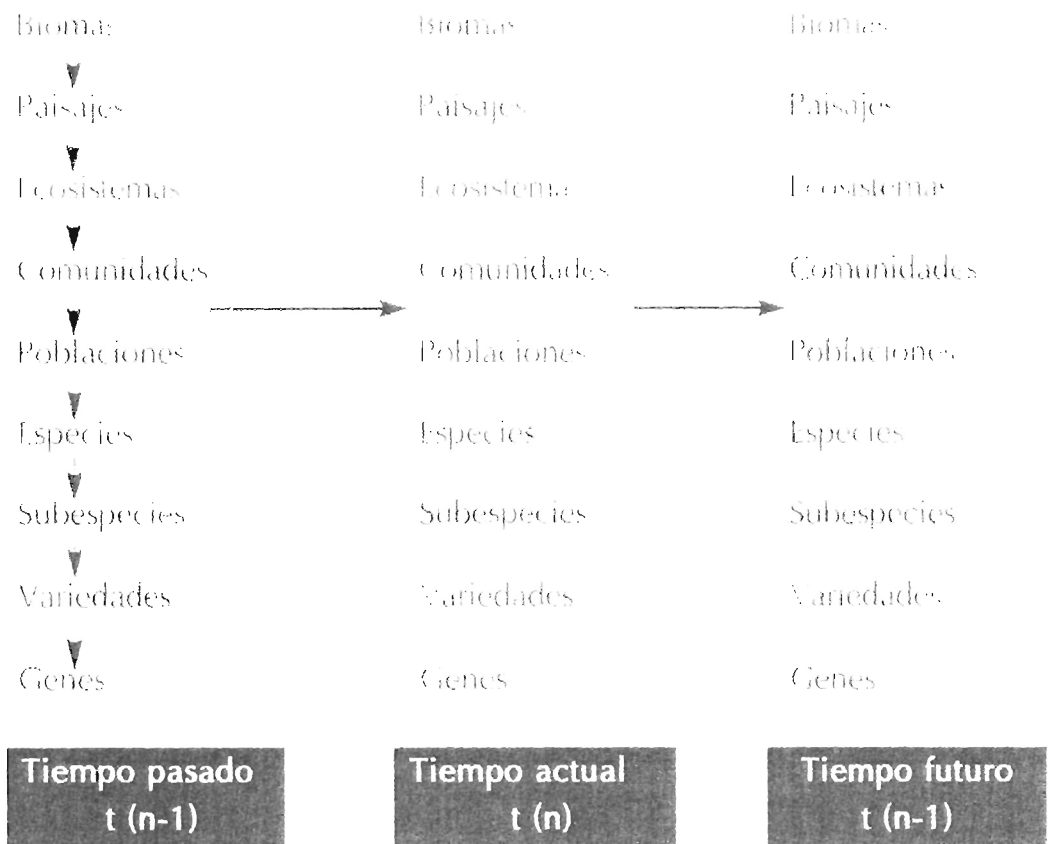


Figura 1 | Dinámica temporal de las diferentes escalas espaciales (de los biomas a los genes) para el análisis de la biodiversidad. Diferentes niveles jerárquicos implican una composición, estructura y funcionamiento diferentes.

¿Cuánta diversidad existe en México?

Se han descrito y nombrado alrededor de 1,4 a 1,6 millones de especies en el mundo (Stork, 1988; Hammond, 1992); sin embargo, se ha estimado que existe un total de 5 a 15 millones de especies, aunque hay autores que plantean que este número puede ascender hasta 30 millones (Wilson, 1988). Estas estimaciones varían en función del grupo de plantas o animales que se utilice, así como del método de estimación empleado.

Un país se considera megadiverso cuando alberga una parte considerable de la riqueza de especies y endemismos del mundo. La riqueza de especies se refiere al número de especies diferentes que existen en un área y un tiempo dado, mientras

que las especies endémicas son aquellas que se circunscriben a una superficie en particular, por ejemplo, pueden estar restringidas a Mesoamérica o a la República Mexicana, e incluso a un área específica dentro de México. Mientras más limitada es el área de distribución de la especie endémica, mayor es el riesgo de que la misma pueda desaparecer.

75% de las especies de plantas vasculares y animales terrestres vivos del mundo se concentran en 17 países, y México es uno de ellos.

Se ha mencionado que 75% de las especies de plantas vasculares y animales terrestres vivos que se conocen en el mundo se concentran en 17 países: Brasil, Indonesia, Colombia, Australia, México, Madagascar, Perú, China, Filipinas, India, Ecuador, Venezuela, República Democrática del Congo, Papua Nueva Guinea, Estados Unidos de América, Sudáfrica y Malasia (CONABIO, 2000). En contraste, la mayoría de estos países no forman parte del grupo de países desarrollados, sino que se encuentran en vías de desarrollo. Los recursos económicos con que cuentan, por lo general se canalizan a resolver los problemas sociales, más que a conservar los recursos naturales.

Para comparar la diversidad biológica entre países, casi siempre se tienen en cuenta sólo plantas vasculares, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, debido a que estos grupos son, históricamente, los más estudiados en el mundo, lo cual facilita la comparación. En la medida que se conozcan con más detalle otros grupos (por ejemplo los insectos), en gran parte de los países, los resultados de estas comparaciones pueden variar.

México se considera un país megadiverso, y ocupa el quinto lugar en el mundo. Se ubica en segundo lugar en cuanto a reptiles (serpientes, lagartos, tortugas), con 717 especies; en cuarto lugar en riqueza de anfibios (ranas, salamandras), con 290 especies; en quinto lugar en mamíferos (murciélagos, jaguares, ballenas) y en plantas con flores, con 450 y 26,000 especies, respectivamente (CONABIO, 2000) y el décimo

México ocupa el quinto lugar mundial en riqueza de especies, tiene un alto grado de endemismo y es el centro de domesticación de muchas especies de valor alimenticio y comercial.

lugar en aves con 1,054 especies. Se destaca el grado de endemismo, ya que más de 40% de las especies de plantas con flores y más del 50% de anfibios y reptiles son endémicos de la República Mexicana (Cuadro 1). El número de especies por grupo varía ligeramente en función de la fuente de información consultada.

La diversidad genética se expresa en los tipos diferentes (alelos) de las unidades de herencia (genes) de los individuos de una especie. Ésta puede expresarse al interior de una población.

Grupo	Riqueza de especies en México y porcentaje que representa	Porcentaje de especies endémicas	Lugar que ocupa en el mundo
Plantas vasculares (1)	26, 000 (10%)	52%	Quinto
Moluscos marinos (2)	4,100 (8%)	22%	Sin datos
Peces de agua dulce (3)	506 (6%)	32%	Sin datos
Anfibios (4)	290 (7%)	60%	Cuarto
Reptiles (4)	717 (11%)	52%	Segundo
Aves (5)	1,054 (11%)	11%	Decimo
Mamíferos (6)	450 (12%)	29%	Quinto

Cuadro 1 | Riqueza de especies y endemismos por grupo. Fuente: 1: Rzedowski (1993); 2: González (1993); 3: Espinosa *et al.* (1993); 4: Flores-Villela (1993); 5: Navarro y Benítez (1993); 6: Salinas y Ladrón de Guevara (1993).

La variabilidad genética de las especies silvestres mexicanas es poco conocida, pero posiblemente sea alta, debido a que México es el centro de origen y domesticación de recursos biológicos y los genes son la materia prima sobre la que actúan las fuerzas evolutivas para modelar la variabilidad y complejidad de los seres vivos. Se ha estimado que en México se han domesticado 118 especies de plantas, entre las cuales se destacan el maíz, el frijol común, la calabaza, el camote, los chiles, el tomate y la vainilla (Hernández-Xolocotzi, 1993).

La biodiversidad también puede analizarse a nivel de ecosistema; la primera gran división es la de ecosistemas terrestres y acuáticos. Los terrestres están integrados por bosques, selvas, matorrales y pastizales, mientras que los acuáticos pueden ser costeros, marinos o dulceacuícolas, formados por lagunas costeras, pastos marinos, arrecifes de coral, lagos, lagunas y ríos, vegetación riparia, hidrófita, halófita, de hondonadas de dunas, manglares y otros tipos de humedales. La vegetación hidrófita y halófita ocupa 2% de la superficie forestal del país (CONABIO, 1998).

Los ecosistemas acuáticos presentan un mayor número de phyla que los terrestres. En los marinos se encuentran 28 phyla de animales, de los cuales 13 son endémicos; en los dulceacuícolas se registran 14 de animales y ninguno es endémico; mientras que en los ecosistemas terrestres existen 11 phyla y sólo uno es endémico (Grassle *et al.*, 1991).

| Los ecosistemas marinos y dulceacuícolas tienen un mayor número de
| phyla (grupos de patrones corporales) de animales que los terrestres.

Los ecosistemas se caracterizan por mantener de manera natural flujos de energía, materia y nutrientes, tanto hacia el interior como hacia el exterior de los mismos. De forma específica, los ecosistemas costeros están estrechamente interconectados; por ejemplo, la alta productividad de los manglares muchas veces mantiene la producción del estuario y la calidad del agua necesaria para la permanencia de los pastos marinos y arrecifes de coral.

Cuando los flujos se interrumpen, se afecta todos los ecosistemas relacionados. Ejemplo de ello son las perturbaciones que se dan en el manglar por la construcción de una carretera o camino que lo atraviesa. Esto provoca modificaciones en la forma del terreno, en el flujo de agua y nutrientes; por tanto, puede ocasionar la muerte ya sea de un área específica o de la totalidad del manglar. Lo anterior trae como consecuencia afectaciones a las pesquerías en el estuario ya que el manglar sirve de hábitat, protección y alimento a muchas especies de interés comercial.

En el paisaje, es posible evaluar el estado de conservación de la biodiversidad mediante el sistema de clasificación jerárquico de regiones naturales terrestres.

En la zona costera, los ecosistemas se encuentran estrechamente interconectados, por lo que los impactos negativos sobre alguno de ellos, afectan indirectamente al resto.

Este análisis para América Latina y el Caribe mostró que México es el país de mayor diversidad ecológica porque presenta los cinco tipos principales de ecosistemas terrestres, 9 de los 11 tipos de hábitat (82%) y 51 de las 191 ecorregiones identificadas (26.7%). De las 51 ecorregiones, 14 se consideran prioritarias en el mundo (CONABIO, 1998).

Formación de especies versus extinción de especies

El proceso de formación de nuevas especies se llama especiación y puede demorar de 10 a 100 ó inclusive de 1,000 a 10,000 generaciones, dependiendo del mecanismo de especiación (Rosenzweig, 1995), por lo que se le considera lento. El proceso opuesto al anterior es el de desaparición de especies, denominado extinción. Puede darse en los ámbitos local, regional o mundial, siendo este último el más grave, debido a que no quedan individuos de una especie en particular, para repoblar los ambientes donde ésta habitaba o porque el tamaño de la población no es viable, es decir, no es capaz de sobrevivir y reproducirse exitosamente, por lo que está en riesgo de desaparecer.

Se han identificado dos grandes causas de extinción de especies: los accidentes y las interacciones entre poblaciones (Rosenzweig, 1995). Los primeros son razones impredecibles como un aumento en el nivel del mar, la explosión de un volcán; mientras que las interacciones entre poblaciones, como la competencia y la predación, son procesos comunes que pueden guiar a la extinción.

La formación natural de nuevas especies (especiación) puede tardar de 10 a 10,000 generaciones

La competencia entre especies puede darse por espacio y recursos, como son agua, luz y nutrientes. En el momento en que una especie aventaja competitivamente a otra, puede llegar a desplazarla, provocando su extinción, generalmente en el ámbito local.

La depredación es el proceso o conducta mediante el cual un organismo consume a otro para alimentarse de él, parcial o totalmente. El animal que consume al otro se llama predador y el que es capturado se denomina presa. En general, la cantidad de presas es mayor que la de depredadores. No obstante, si el depredador consume un alto número de presas, rompiéndose el equilibrio existente, éstas pueden llegar a extinguirse. Como ejemplo de especies depredadoras se tienen las águilas, los jaguares y los peces carnívoros. Estos procesos que ocurren en una localidad pueden tener una implicación mundial, principalmente si la especie afectada es endémica y se encuentra restringida a un área pequeña, lo cual se agrava aún más si el tamaño de la población también es pequeño, ya que aumenta la probabilidad de extinción mundial de la especie.

Es importante destacar que las actividades humanas extraen recursos de manera selectiva y modifican las condiciones del ambiente, alterando la disponibilidad de recursos, el tamaño de las poblaciones vegetales y animales, así como los procesos naturales, lo cual puede acelerar la extinción de especies.

Las estimaciones de la pérdida de especies (extinción) a nivel global son muy variables. Algunos autores manejan tasas conservadoras de 0,6% a 5% por década (Mace, 1994), mientras que otros manejan valores extremos de 20% a 30% de pérdida global por década (Ehrlich y Ehrlich, 1981). La diferencia en estos resultados depende del grupo, el método y la escala utilizados para la estimación. Es importante notar que estos métodos consideran una tasa de extinción constante; sin embargo, el impacto de las actividades humanas puede acelerar este proceso y elevar la tasa de extinción.

La pérdida global de especies (extinción) se estima entre 0.6% y 30% por década; el dato es muy variable en función del autor.

En México se han reportado 47 especies extintas desde el año 1600, dándose principalmente entre los peces y las plantas (Cuadro 2).

Grupo	Número de especies extintas	Porcentaje en relación con el mundo
Plantas (1)	15	2.5
Peces (2)	19	20.6
Anfibios (3)	1	20.0
Reptiles (3)	0	0
Aves (4)	8	7.4
Mamíferos (4)	4	4.5
TOTAL	47	5.2

Cuadro 2 | Número de especies de plantas y vertebrados que se han extinguido en México y porcentaje que representan de las extinciones mundiales. Adaptado de CONABIO (1998). Fuentes: 1: Vovides y Medina (1994); 2: UICN (1996); 3: UICN (1998); 4: Ceballos (1993).

¿Qué causas determinan la alta biodiversidad?

Se han desarrollado un conjunto de hipótesis y modelos para tratar de explicar la distribución desigual de la biodiversidad en el mundo. Sin embargo, no existe un modelo que explique por sí solo este fenómeno, debido a que se combinan muchos factores a diferentes escalas espaciales y temporales que determinan un mosaico heterogéneo de condiciones que se traducen en variaciones en la distribución de las especies, ecosistemas y paisajes.

La diversidad se ha relacionado con diferentes factores y procesos como son: latitud, altitud, profundidad, productividad, niveles tróficos, superficie o área, variedad de hábitats, disturbios, sucesión y centro de origen.

La biodiversidad depende de la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y culturales en el espacio y el tiempo.

La mayor riqueza de especies vegetales y animales se ha registrado en los trópicos. En la medida que aumenta la distancia al ecuador, tanto hacia el norte como hacia

el sur, el número de especies disminuye, aunque existen excepciones. En esta zona, las temperaturas son altas y la precipitación abundante, lo cual favorece una mayor diversidad. Por otra parte, los trópicos cubren más área que cualquier otra zona, por lo que la alta diversidad en estas latitudes podría deberse a la mayor superficie.

Se ha documentado una disminución de la riqueza de especies con el aumento de la altitud, lo cual se relaciona con la existencia de diferentes climas asociados a los pisos altitudinales, una disminución de la temperatura y con ello un menor número de especies. Similarmente, en los ambientes acuáticos, al aumentar la profundidad descende la diversidad de especies ya que disminuye la iluminación, la temperatura, el oxígeno y la disponibilidad de alimentos, y aumenta la presión. Las zonas de mayor profundidad, como el fondo de los océanos, albergan a un conjunto de especies exclusivas de estos ambientes, que presentan adaptaciones a estas condiciones específicas.

La productividad es la tasa de flujos de energía en un ecosistema y puede expresarse como la biomasa acumulada por unidad de tiempo, área o volumen. Se plantea que una productividad elevada está asociada a una alta diversidad; sin embargo, se han encontrado excepciones en diferentes grupos y escalas de análisis.

Todas las especies utilizan la energía disponible y la obtienen de diferente manera, lo cual permite agruparlas por niveles tróficos. El primer nivel está constituido por las especies que toman energía de fuentes inorgánicas como la luz solar; se llaman productores primarios, por ejemplo, las plantas, los pastos marinos y el fitoplancton. El segundo nivel se integra por los organismos que toman la energía de los productores primarios, denominados consumidores primarios. Ejemplo de ello son los herbívoros (se alimentan de plantas), los frugívoros (se alimentan de frutos) y los granívoros (se alimentan de granos) como el ganado mayor, algunas aves y roedores, respectivamente. El tercer nivel trófico está integrado por los consumidores secundarios, que se alimentan de los primarios; ejemplo de ellos son los depredadores y los parasitoides. Existen cadenas alimentarias que alcanzan hasta ocho niveles tróficos. Por lo general, los niveles inferiores contienen mayor número de especies que los superiores. Esto explica que exista un número elevado de plantas diferentes y un menor número de especies de depredadores.

Por otra parte, cada especie tiene requerimientos ecológicos diferentes (topografía, suelo, temperatura, humedad, luz, etc.) por lo que requieren de un hábitat que reúna ciertas características. Existen especies generalistas, es decir, que pueden vivir en varios hábitats, mientras que las especialistas requieren de un hábitat particular. Por tanto, mientras mayor sea el número de hábitats diferentes y su complejidad, mayor será el número posible de especies presentes en él.

Los disturbios son eventos relativamente discretos (discontinuos) en el tiempo que alteran la estructura del ecosistema, comunidad o población, así como la disponibilidad de recursos. Éstos pueden ser de origen natural, tanto físicos (fuego, inundación, sequía, tormenta, etc.) como biológicos (depredación, herbivoría, etc.) o de origen antrópico (actividades humanas), y varían en duración, intensidad y frecuencia. Cuando la duración, frecuencia e intensidad de los disturbios son intermedias, se favorece una alta diversidad. Después de un disturbio como el fuego, la agricultura o la ganadería controladas, las especies de plantas y animales recuperan su hábitat. Por lo general, unas especies reemplazan a otras en una secuencia más o menos ordenada (proceso de sucesión). Primero se establecen unas pocas especies primarias, con una gran capacidad para colonizar hábitats, resistentes, eficientes y de amplia dispersión, las mismas crean las condiciones propicias para la entrada de las especies secundarias; en este momento se observa una mayor diversidad. Luego, las especies secundarias comienzan a desplazar a las primarias y facilitan la entrada de otras especies secundarias. Estas últimas son más especializadas, pero crecen de manera lenta y su capacidad de dispersión es menor. Este proceso descrito a nivel de hábitat puede observarse, a una escala de paisaje, como un mosaico con parches del mismo tipo, pero en diferentes estados sucesionales.

Los ambientes dominados por uno o varios factores extremos se denominan duros, por ejemplo, un cuerpo de agua muy contaminado, hábitats muy fríos, muy cálidos, grandes profundidades marinas, ausencia de luz como en cuevas y cavernas, etc. Éstos se caracterizan por una baja riqueza y por la presencia de especies exclusivas

La mayoría de los ecosistemas acuáticos se desarrollan en ambientes duros, los por factores extremos como profundidad, salinidad, viscosidad, etc. Por ejemplo, una tibia biota de aguas profundas.

(únicas), que no se comparten con otros ambientes. Muchos ecosistemas costeros se desarrollan en estos tipos de ambientes.

También se ha manejado la hipótesis de los centros de origen, la cual plantea que en el lugar donde se originan las especies existe una mayor diversidad debido a que se presentan un conjunto de condiciones idóneas para el desarrollo de las mismas. Estas especies migran y colonizan otros sitios donde encuentran condiciones apropiadas, aunque no necesariamente óptimas.

En el ámbito mundial se ha encontrado una correlación entre la alta riqueza biológica y la diversidad cultural (definida por la existencia de diferentes grupos indígenas). En México existen más de 60 grupos indígenas diferentes, asentados principalmente en 12 entidades federativas, muchas de las cuales poseen costa. Específicamente en Yucatán, más de 50% de los municipios hablan mayoritariamente lenguas indígenas (CONABIO, 1998). En las áreas ocupadas por la población indígena se observa una mayor conservación de los recursos naturales, lo cual probablemente esté asociado a la visión que tienen de su medio, al conocimiento de la naturaleza y a sus prácticas de manejo, que propician la permanencia de una mayor diversidad biológica.

¿Por qué México es un país megadiverso?

Los Estados Unidos Mexicanos tienen una superficie de 1,953,162 km², con 11,208 km de litoral y 371 islas, arrecifes y cayos (INEGI, 1997). Ocupa el lugar catorce en el ámbito mundial (Mittermeier, 1988). Presentan una compleja historia geológica, biológica y cultural. Debido a su ubicación en latitud es una zona de transición entre dos grandes regiones biogeográficas: la neártica (Norteamérica) y la neotropical (Sudamérica y Centroamérica). Presenta prácticamente todos los grupos y subgrupos de climas posibles, modificados por la latitud (distancia angular al ecuador), la altitud (altura respecto al nivel del mar), el relieve (forma o configuración del terreno), los vientos, las corrientes marinas y la anchura variable del territorio. También se observa una variada topografía formada por depresiones, llanuras, lomeríos y montañas, así como una litología diversa. Se registran altitudes desde el nivel del mar hasta las que sobrepasan los mil metros, con más de 65% de la superficie por encima de los mil metros sobre el nivel del mar. Además, se encuentra una gran variedad de tipos y

subtipos de suelos, pues presenta 25 de las 28 categorías de suelos reconocidos en el mundo (INEGI, 1997). La combinación de estos elementos modela un mosaico de hábitats, al interior de los cuales se establecen gradientes de recursos y condiciones. Toda esta heterogeneidad propicia una alta diversidad de especies. Por otra parte, presenta ecosistemas muy productivos como los arrecifes de coral, los manglares y las selvas, asociados a una alta diversidad de especies y funciones.

Específicamente en las costas, en una menor superficie se encuentra una mayor heterogeneidad. A nivel de paisaje, se aprecian diferencias marcadas entre la costa del Pacífico y la del Golfo de México, así como en el origen, la edad, la estructura y la composición de especies de las islas, los arrecifes y los cayos. Al interior de los ecosistemas se establecen gradientes de textura, movimiento del sustrato, contenido de nutrientes, salinidad, temperatura, entre otros, que pueden variar en intensidad y en frecuencia, cambiando en unas horas, unos días, una estación, a lo largo del año o en períodos mayores. Estas condiciones favorecen la existencia de muchos microhábitats de diferente complejidad que pueden albergar gran cantidad de especies distintas. Unido a esto se encuentran los disturbios ocasionados por el hombre, como la quema de terrenos para emplearlos en agricultura o ganadería, la interrupción de flujos de agua para almacenar este recurso en presas, la construcción de infraestructura turística y portuaria, entre otros. Todos estos disturbios afectan la biodiversidad. Si la intensidad, frecuencia y duración de los mismos son bajas o intermedias, el ecosistema puede restablecerse y pueden darse procesos sucesionales, donde coexisten especies primarias y secundarias, con lo que puede aumentar temporalmente la biodiversidad. Pero si los disturbios son muy frecuentes e intensos, se puede observar un efecto contrario, pues disminuye el número de especies y su abundancia. Incluso puede darse la extinción local de algunas especies. También podría ocurrir el reemplazo total de especies y el establecimiento de otra comunidad diferente a la que existía al principio. Un ejemplo de ello es el cultivo de caña de azúcar, común en zonas costeras, ya que para el establecimiento de este cultivo se elimina la cobertura vegetal existente, estableciéndose otra muy cerrada que alcanza una altura hasta de

La alta diversidad mexicana es consecuencia de la interacción de gran cantidad de climas, tipos de suelo, formas del terreno, material litológico o interacciones biológicas y actividades humanas.

dos metros, lo cual limita el establecimiento de otras especies vegetales por ausencia de luz y competencia por nutrientes, observándose una monodominancia de la caña de azúcar. Además, se emplea un conjunto de agroquímicos que afecta tanto a las especies vegetales como a los animales, incluso puede llegar a contaminar el manto freático y los cuerpos de agua cercanos, afectando a los asentamientos humanos locales.

Los estados de la República Mexicana que concentran mayor diversidad de especies son costeros.

Es destacable que las entidades federativas con mayor riqueza de especies del país (Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero) sean estados costeros. En las costas se distribuyen un conjunto de especies animales y vegetales que sólo pueden establecerse en éstas debido a la dinámica propia de las mismas, lo cual aumenta la importancia de conservar estos hábitats para mantener la integridad de los ecosistemas costeros y con ello su biodiversidad.

Elementos que se deben considerar para la planificación y conservación de la biodiversidad

En un estudio de diversidad se debe definir el objetivo y la escala espacial y temporal en la que se desea trabajar; es decir, si los estudios se realizarán a nivel de genes, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas o paisajes y si se considerarán tiempos ecológicos o evolutivos. También es importante tener en cuenta las relaciones que se establecen, las funciones que se desarrollan en los diferentes niveles y la dinámica existente. Estos elementos ayudarán a definir los métodos a utilizar.

Cuando el objetivo de un estudio es la planificación y la conservación, generalmente se utiliza la escala de tiempo ecológica, combinando los niveles de especie, ecosistema y paisaje. En estos casos, un simple inventario de los recursos biológicos no es suficiente, pues las actividades humanas muchas veces no modifican el número de especies, sino que afectan la abundancia de las mismas y las relaciones entre ellas. Por tanto, además del inventario, se requiere un registro de la abundancia de las

especies presentes. Se deben considerar las variaciones espaciales y temporales del grupo estudiado y las relaciones que se establecen con otros grupos a los diferentes niveles. También es posible utilizar especies o grupos indicadores para detectar los cambios originados por disturbios naturales o humanos, lo cual ahorraría tiempo y dinero.

Para el aprovechamiento, conservación y manejo adecuado de la biodiversidad se requiere registrar tanto el número de especies diferentes (riqueza) como el número de individuos por especie (abundancia)

¿Porqué es importante conservar la biodiversidad?

La biodiversidad presenta un conjunto de valores directos e indirectos que justifica ampliamente su conservación. Estos valores son de uso, éticos, estéticos y ecológicos. A continuación se detallan y ejemplifican cada uno de ellos.

La biodiversidad es la base de las actividades primarias como la agricultura, la ganadería, la forestería, la pesca y la acuicultura. También se utiliza como materia prima en la industria manufacturera (ejemplo: algodón, henequén); para la construcción de infraestructura (ejemplo: madera); de artesanías (ejemplo: pieles, maderas, semillas, etc.); como fuente de alimento (ejemplo: carnes, vegetales, semillas, etc.), fibras, combustible, medicina, rituales, así como con fines ornamentales, recreativos y turísticos por su valor estético y paisajístico. También son un importante banco de información genética.

De forma indirecta, la biodiversidad ofrece un conjunto de servicios ambientales. Éstos se definen como las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas, incluyendo especies y genes, a través de los cuales el hombre obtiene beneficios. Específicamente, la biodiversidad interviene en los procesos de captura de carbono, captación, purificación y reserva de agua, degradación de desechos orgánicos, formación de suelos, fijación de nitrógeno, exportación de nutrientes a otros ecosistemas,

La biodiversidad brinda un conjunto de bienes y servicios invaluable por lo que resulta de vital importancia su conservación.

control biológico de plagas, polinización de plantas, protección contra huracanes, inundaciones, deslaves, erosión y otros fenómenos y procesos, brindan hábitat a los estados larvales de muchas especies, entre otros.

En la zona costera, la biodiversidad tiene un alto valor estético y recreativo, en el que se basa el desarrollo turístico. De la misma se extraen peces y mariscos empleados como alimento para la población local, el turismo y el mercado. Por otra parte, en los terrenos aledaños a la zona costera se desarrollan actividades agrícolas, ganaderas, forestales, pesqueras y acuícolas, que generan fuentes de empleos e ingresos para sus pobladores. Algunos de estos cultivos, como la papaya, se comercializan en el mercado internacional. También se encuentran especies de plantas usadas en la localidad con fines medicinales, rituales, para la construcción de casas, cercos, etc., así como para la elaboración de artesanías que se venden a los turistas.

Además, en los ambientes costeros con condiciones más drásticas es limitado el número de especies capaces de sobrevivir y de reproducirse, por lo que se encuentran organismos adaptados morfológica y funcionalmente a estos ambientes. En ocasiones, la presencia de algunas especies se limita a las costas, lo cual les confiere una importante singularidad ecológica, como por ejemplo, las especies de mangle rojo, negro, blanco y mangle botoncillo (ver capítulo de Manglares). También se pueden encontrar especies endémicas, con un papel importante en el ecosistema, como las plantas fijadoras de dunas costeras *Chamaecrista chamaecristoides* y *Palafoxia lindonii* que estabilizan el sustrato arenoso, permitiendo el establecimiento de otras especies de plantas (ver capítulo de Playas y dunas en esta sección).

Amenazas a la biodiversidad

Los ecosistemas costeros, por sus propias características y dinámica, son frágiles y resultan más vulnerables a las perturbaciones ocasionadas por el hombre. Actualmente, el paisaje costero se encuentra modificado por las actividades humanas, observándose un mosaico donde se mezclan ecosistemas naturales con diferentes grados de modificación antrópica, agrosistemas y otros sistemas cultivados.

Debido al aumento acelerado de las actividades productivas y a los asentamientos humanos en la zona costera, así como al uso de tecnología inapropiada, el relleno de humedales, la extracción selectiva de especies, la introducción de especies exóticas, entre otras prácticas, está aumentando el impacto negativo sobre sus ecosistemas. Ello se traduce en la disminución del número de especies, tamaño y variabilidad genética de las poblaciones, así como pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas. Lo anterior se refleja en una menor cobertura de vegetación natural, parches (manchones) aislados de vegetación natural (fragmentación), contaminación de cuerpos de agua y suelo, pérdida de suelo por erosión, con el consecuente azolve de los cuerpos de agua por arrastre de sedimentos y la disminución de la cantidad y calidad del agua.

El impacto negativo de las actividades humanas provoca la pérdida de hábitat y de especies, tanto animales como vegetales.

Los elementos anteriores aumentan los daños por desastres naturales y plagas y aceleran los procesos de cambio climático. A su vez, estas consecuencias se revierten negativamente hacia las actividades productivas que son cada vez menos rentables y hacia la calidad de vida de los pobladores locales. Estos elementos, unidos a la poca educación ambiental de la población, al desconocimiento que existe sobre los valores de la biodiversidad, la escasa superficie nacional que se encuentra bajo alguna categoría de protección y los limitados recursos económicos destinados a la conservación, muestran la necesidad urgente de definir una estrategia que permita conservar la biodiversidad existente en las zonas costeras, así como los bienes y servicios ambientales que brinda a las diferentes escalas espaciales y temporales. Ello permite garantizar que las poblaciones que actualmente viven de los recursos existentes en esta zona, continúen usándolos de manera sustentable y puedan heredarlos a las siguientes generaciones.

Mecanismos empleados en México para la conservación de la biodiversidad

México forma parte activa del Convenio sobre Diversidad Biológica. Dentro de este marco ha trabajado, a través de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso

de la Biodiversidad (CONABIO) de la SEMARNAT, en el conocimiento de la diversidad del país y la estrategia nacional sobre la diversidad, para posteriormente elaborar el plan de acción mexicano. Este último deberá detallar las acciones, los actores y los procedimientos para la consecución de las grandes líneas estratégicas (CONABIO, 1998; 2000).

La biodiversidad se considera un recurso estratégico debido a razones éticas, morales y a su valor actual y potencial. Por ello, en México la conservación se lleva a cabo a través de diferentes mecanismos sustentados por la legislación.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como la Ley General de Vida Silvestre regulan la protección, conservación, uso y manejo de la biodiversidad. Por otra parte, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), regula la comercialización de especies ubicadas en alguna categoría de protección mundial. Específicamente en México, la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) enlista las especies que se ubican en alguna categoría de riesgo y que requieren protección.

| En México existen leyes, normas y reglamentos que protegen la biodiversidad.

Especialmente relacionada con los humedales existe la Convención RAMSAR, integrada por 136 países, incluyendo a México. Ésta se encarga del uso racional de los humedales en un marco de manejo integrado de suelos, recursos hídricos y costeros. Para ello, produce guías técnicas, asiste a las partes en la implementación de la convención, en la adopción de políticas nacionales en humedales, en el establecimiento de comités nacionales participativos de humedales, así como en la designación de sitios RAMSAR (áreas protegidas).

| Existen convenciones internacionales como CITES y RAMSAR que protegen especies y hábitats.

La conservación *in situ*, es decir, donde se establece la biodiversidad de manera natural, se lleva a cabo a través del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (ver capítulo de ANP). Además, la conservación fuera del sitio donde se desarrolla

la biodiversidad de forma natural se realiza en parques, jardines botánicos, zoológicos, etc. También existen zonas de reserva asociadas a instituciones académicas, de investigación y al sector privado.

El sistema nacional de áreas naturales protegidas, el ordenamiento ecológico y las evaluaciones de impacto ambiental, ayudan a la protección de la biodiversidad.

Por otra parte, se han delimitado regiones prioritarias dentro del país en función de su biodiversidad. Dentro de ellas se tienen 110 regiones hidrológicas prioritarias, 70 áreas con ecosistemas en zona costera y marina y 151 áreas terrestres (CONABIO, 2000). Específicamente en la zona costera se incluyen como zonas prioritarias los ambientes riparios, el territorio insular y los humedales. En particular, se han registrado 32 humedales prioritarios en el país (INE, 1993).

Otros de los instrumentos que coadyuvan a la conservación de la biodiversidad son el ordenamiento ecológico y las evaluaciones de impacto ambiental (ver capítulos en la quinta sección).

¿Qué elementos debe considerar una estrategia de conservación de la biodiversidad en los municipios costeros?

El convenio sobre la diversidad biológica se firmó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en mayo de 1992, en Río de Janeiro, Brasil. Éste aborda el tema del desarrollo mundial sustentable, donde es imprescindible la conservación de la diversidad biológica y el aprovechamiento de los recursos sin agotarlos, fomentando nuevas oportunidades económicas, sociales y ambientales. Los tres objetivos del convenio son: la conservación de la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable de los recursos y el reparto justo y equitativo de los beneficios que resulten del aprovechamiento de los recursos genéticos. Para ello, se requiere desarrollar estrategias, planes y programas nacionales con la participación de todos los actores involucrados (CONABIO, 2000), los cuales deben adaptarse y llevarse a cabo en los municipios.

Las líneas propuestas para realizar la estrategia nacional son: proteger y conservar los diferentes componentes de la biodiversidad, avanzar en el conocimiento y en el manejo de la información y estimular la diversificación y sostenibilidad del uso de los componentes de la biodiversidad.

Para que estas líneas se desarrollen en los municipios costeros, se debe hacer un esfuerzo por reunir toda la información ambiental, económica y social que se encuentre disponible, que muchas veces está dispersa, incompleta y no sistematizada, con una variedad de escalas de análisis y niveles de detalle que dificultan la integración de los datos. Paralelamente, precisa de la planeación de proyectos sustentables de diversificación productiva local, considerando el conocimiento acerca del manejo de los recursos naturales que tienen las diferentes culturas existentes en la zona, disminuyendo los insumos, cerrando los ciclos productivos (reciclaje) y generando productos orgánicos, con un mayor valor en el mercado. Estos proyectos pueden fortalecerse a través del encadenamiento con otros proyectos municipales, estatales, nacionales e, incluso, internacionales.

La reducción de insumos, el reciclaje de desechos y la obtención de productos orgánicos elevan el precio de los productos en el mercado, obteniéndose beneficios socioeconómicos y ambientales.

Además, los proyectos productivos deben contar con apoyo económico, al menos al comienzo, para evitar la descapitalización de los participantes; al mismo tiempo, se requiere capacitación en aspectos técnicos, organizativos, administrativos y de gestión para garantizar la permanencia del proyecto en el tiempo. Asociado a cada grupo productivo, debe generarse un proyecto de conservación y/o restauración que garantice el mantenimiento de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas que están siendo manejados. La conjunción de todos estos elementos garantiza una mejor calidad de vida de la población.

Los cabildos pueden apoyar el proceso de gestión para la capacitación, organización, financiamiento, producción y comercialización de los grupos productivos establecidos.

El financiamiento de la conservación de la biodiversidad debe venir de los recursos económicos que la propia diversidad genera, es decir, del uso sustentable y la conservación de los bienes y servicios que ésta ofrece. Tales recursos pueden complementarse con los apoyos económicos que ofrecen las instituciones de gobierno a los diferentes niveles, así como las organizaciones no gubernamentales interesadas en el desarrollo sustentable y la conservación.

Algunos proyectos productivos alternativos que permitan el uso sustentable de la biodiversidad de la zona costera son: la agricultura y ganadería orgánica, el ecoturismo, las unidades de manejo ambiental de flora y fauna silvestre para la cría y aprovechamiento de especies locales como iguanas, toches, venados, serpientes, cocodrilos, etc., con un plan de manejo adecuado para la zona, en concordancia con la normatividad aplicable, el ordenamiento ecológico de la zona y las evaluaciones de impacto ambiental en los casos que se requiera.

La conservación de la biodiversidad puede darse a través de la diversificación de actividades productivas con planes de manejo específicos.

Para complementar los proyectos anteriores, se requiere de un programa de educación ambiental que aporte a los pobladores locales el conocimiento acerca de la diversidad de los ecosistemas costeros, su funcionamiento y los servicios ambientales que brindan, así como los mecanismos para conservarlos.

También, se recomienda invertir en tecnología apropiada, adaptable a las condiciones de la zona costera para lograr obtener ingresos iguales o mayores en una superficie menor, con lo que sería posible conservar y proteger las áreas restantes. Los propietarios de las áreas conservadas y restauradas pueden recibir un beneficio económico por la preservación de las mismas, con base en los servicios ambientales que éstas brindan al ambiente.

Además, a través de la investigación puede lograrse el conocimiento más detallado de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, así como de sus servicios ambientales, lo cual permitirá una efectiva restauración de los mismos y su valoración económica real.

Para la vigilancia y cuidado de los recursos naturales, en los municipios pueden formarse comités de vigilancia, integrados por miembros voluntarios de la comunidad y avalados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y el Cabildo. Estos

La educación ambiental es esencial en un proceso de desarrollo sustentable y de conservación de la biodiversidad.

comités deben capacitarse para identificar los permisos de caza, conocer las épocas de veda de las distintas especies, las plantas y animales protegidos por la ley debido a su nivel de riesgo, así como los aspectos básicos de la normatividad en materia ambiental, entre otros elementos, que garanticen la conservación de la biodiversidad y sus hábitats.

Los cabildos pueden ayudar a la conservación de la biodiversidad promoviendo proyectos productivos sustentables; así como la vigilancia de los recursos naturales, a través de los comités ciudadanos.

Para que esta estrategia funcione es necesario involucrar a los pobladores locales, a los diversos sectores productivos, sociales y privados y a los diferentes niveles de gobierno (municipal, estatal y federal), organizaciones no gubernamentales y personal técnico, con la finalidad de consensar y validar los proyectos que se van a desarrollar, gestionar los recursos económicos necesarios para su establecimiento y mantenimiento, vigilar los recursos naturales, garantizar beneficios sociales, así como asegurar la permanencia en el tiempo de los bienes y servicios que brinde la biodiversidad.

La participación de todos los actores sociales en la zona costera es indispensable para el desarrollo de proyectos productivos sustentables.

BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos, G.** 1993. Especies en peligro de extinción. En: O. Flores y A. Navarro (comps.). *Biología y problemática de los vertebrados en México*. Ciencias. Número Especial 7: 5-10.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País*. México D.F., 341p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** 2000. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*. México D.F., 103 p.
- Ehrlich, P. y A. Ehrlich.** 1981. *Extinction. The causes of the disappearance of species*. Random House. Nueva York, 305 p.
- Espinosa, H., P. Fuentes, M. T. Gaspar y V. Arenas.** 1993. Notes on mexican ichthyofauna En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, Nueva York, pp. 229-252.
- Flores-Villela, O.** 1993. Herpetofauna of México: Distribution and endemism. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, Nueva York, pp. 253-280.
- González, N. E.** 1993. Moluscos endémicos del Pacífico de México. En: S. I. Salazar y N. E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO, CIQRO, México D. F., pp. 223-252.
- Grassle, J. F., P. Lasserre, A. D. McIntyre y G. C. Ray.** 1991. Marine biodiversity and ecosystem function. *Biol. Internat. Special issue*. 23: 1-19.

- Hammond, P. M.** 1992. Species inventory. En: B. Groombridge (ed.). Global biodiversity status of earth's living resources. Chapman and Hall, Londres, pp. 17-39.
- Hernández-Xolocotzi, E.** 1993. Aspects of plant domestication in Mexico: a personal view. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press, Nueva York, pp. 733-756.
- Instituto Nacional de Ecología (INE).** 1993. Estrategia para la conservación de humedales. Instituto Nacional de Ecología., Dirección General de Aprovechamiento Ecológico de los Recursos Naturales, México D. F., 80 p.
- Mace, G. M.** 1994. Classifying threatened species: means and ends. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 344: 91-97.
- Mittermeier, R. A.** 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. En: E. O. Wilson (ed.). Biodiversity. National Academic Press, Washington D.C., pp 145-154.
- Navarro, A. G. y H. Benítez.** 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. En: O. Flores y A. Navarro (comps.). Biología y problemática de los vertebrados de México. Ciencias. Número especial 7. pp 12-22.
- Ogata, N. y E. de Luna.** 1998. Implicaciones ontológicas y epistemológicas del uso de clasificaciones en estudios ecológicos de biodiversidad. En: G. Halffter (comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana. Volumen II, Nueva Serie, Volumen especial, pp. 19-32.
- Rosenzweig, M. L.** 1995. Species diversity in space and time. Cambridge Press. Nueva York, 436 p.
- Rzedowski, J.** 1993. Diversity and origins of the phanerogamic Flora of Mexico. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press, Nueva York, pp.129-146.
- Salinas, M. y P. Ladrón de Guevara.** 1993. Riqueza y diversidad de los mamíferos marinos. En: O. Flores y A. Navarro (comps.). Biología y problemática de los vertebrados de México. Ciencias. Número especial 7:30-38.
- Stork, N. E.** 1988. Insect diversity: facts, fiction and speculation. Biol. Journal Linnean Society 35: 321-327.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).** 1996. UICN Red list of threatened animals. UICN, Gland, Suiza. www.wcmc.org.uk/
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).** 1998. UICN Red list of threatened Data base search results. www.wcmc.org.uk/cgi-bin
- Vovides, A. y G. Medina.** 1994. Relación de plantas mexicanas amenazadas de extinción. En: O. Flores-Villela y P. Geréz. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO, UNAM. México D.F., pp 115-130.
- Wilson, E. O.** (ed.). 1988. Biodiversity. National Academic Press, Washington D.C., 521 p.