

PRINCIPIOS GENERALES DE BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

Tomado de: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/monroy.html>

Octavio Monroy-Vilchis
Centro de Investigación en Recursos Bióticos.
Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del
Estado de México. Instituto Literario 100 Ote, Col.
Centro, Toluca, México
Última actualización: 15/11/2007

Correo-e: omv@uaemex.mx

Definición básica funcional de biología de la conservación

Actualmente el mundo entero se enfrenta a una problemática crítica, principalmente, relacionada con la escasez de recursos, la pérdida de áreas boscosas y otros ecosistemas naturales, y la contaminación del agua y del aire así como del suelo, todo lo cual provoca, en general, una disminución en la diversidad biológica (Soulé y Sanjayan 1998). Como respuesta a estos procesos, el hombre ha intentado medir, evaluar y aminorar el impacto de las causas, de esta crisis, a través de aproximaciones teóricas y prácticas (Soulé 1991, Primack 1995, Soulé y Sanjayan 1998, Galusky 2000).

Históricamente, se ha tratado de definir la conservación como el estado de armonía entre el hombre y la Tierra (Leopold 1983), entendiéndose por armonía el balance y la estabilidad que deben de tener todas las acciones del hombre hacia la naturaleza. Esta concepción de conservación se ha modificado con el paso del tiempo, en la medida en que se incrementa el conocimiento de la problemática anteriormente comentada. Por ello, se ha considerado que, para hacer frente a esta situación, se requiere de la participación de varios enfoques y aproximaciones; dando origen a la biología de la conservación, como una ciencia multidisciplinaria que se desarrolla en respuesta a la crisis que enfrenta la diversidad biológica (Soulé 1985). De esta manera, algunos autores han mencionado que la biología de la conservación tiene, principalmente, dos objetivos: uno es la investigación de los efectos de las actividades humanas sobre los demás seres vivos, las comunidades biológicas y los ecosistemas y segundo, el desarrollo de aproximaciones prácticas para: prevenir la degradación de los hábitat y la extinción de especies, para restaurar ecosistemas, reintroducir poblaciones y para reestablecer relaciones sustentables entre las comunidades humanas y los ecosistemas (Primack 1995).

Principales disciplinas que confluyen en la biología de la conservación

Las disciplinas aplicadas tradicionales como la agricultura, la ingeniería forestal, el manejo de vida silvestre y la pesquería, han alentado prácticas de manejo y comercialización de algunas especies particulares, considerando rara vez el amplio espectro de especies que constituyen las comunidades biológicas. La biología de la conservación puede contribuir a integrar las complejidades ecológicas y sociales involucradas en tales prácticas y a elaborar una perspectiva general para la protección de la diversidad biológica y cultural en el largo plazo (Primack 1995).

La biología de la conservación interrelaciona disciplinas de varios tipos: a) científicas como taxonomía, ecología, biogeografía, evolución, genética y epidemiología, entre varias otras; b) prácticas como veterinaria, agronomía e ingeniería forestal entre muchas más; c) de las ciencias sociales como antropología, geografía, historia y sociología, entre otras, y d) humanidades, incluyendo filosofía y derecho ambiental entre varias más, que son fundamentales puesto que abordan las causas humanas de la actual crisis ambiental (Primack 1995, Galusky 2000). La cooperación entre todas estas disciplinas es esencial, ya que de alguna manera son complementarias. Mientras unas aportan los elementos, herramientas y conocimientos teóricos, otras intentan llevar esto a la práctica, de manera que se aprovechen sus métodos y técnicas en la realidad, y para beneficio de la sociedad y de la naturaleza.

Las disciplinas científicas se encargan de identificar, describir y tratar de predecir los fenómenos biológicos y físicos (a las escalas de organismos, interacciones y ambientes), a su vez, las disciplinas prácticas se ocupan de llevar a cabo el manejo de organismos, poblaciones y ambientes con diferentes fines predeterminados. Por su parte, las sociales se encargan de recibir, analizar y transmitir la información (tanto proveniente de las comunidades humanas como recibida por éstas) y finalmente, las humanidades influyen en la forma en que debieran de tomarse las decisiones sobre investigaciones y aplicaciones (ética), así como sobre la legislación, procurando la conservación y manejo sustentable de los recursos. Las propuestas o estrategias de conservación biológica que carezcan de la participación de alguno de los distintos tipos de disciplinas mencionadas difícilmente podrán tener éxito; por lo tanto, se requiere que cada una de estas desarrolle cada vez más su contribución propia y, además, que tenga un alto grado de interacción con las otras disciplinas, lo cual hace del proceso un tanto complejo.

Contexto de aplicación de la biología de conservación

Las decisiones sobre temas de conservación frecuentemente se toman en condiciones de información (biológica y social) limitada y, además, bajo presiones de tiempo. Esto implica que, por un lado, se tengan que proponer nuevos métodos o hacer óptimos los que ya existen, con el fin de captar mejores datos de campo y analizarlos con más eficacia, para tener argumentos más sólidos en un menor tiempo; por otro lado, implica también contar con una mayor conciencia social de la problemática ambiental y mayor disponibilidad a participar activamente, desde las posibilidades de cada grupo social. Finalmente, es necesario un compromiso mayor y de fondo, por parte de las organizaciones privadas, así como del gobierno en sus diferentes niveles, para aportar los recursos y acciones necesarios para poder llevar a cabo, de manera conjunta, las propuestas de conservación en pro de las especies amenazadas, las comunidades biológicas, los ecosistemas y sus relaciones con el bienestar humano.

Diversidad biológica

La diversidad biológica es un punto central de estudio de la biología de la conservación. Se entiende esta diversidad como la variedad de formas de vida así como sus interacciones entre sí y con el ambiente físico.

Con el fin de organizar y facilitar su estudio, a la diversidad biológica se le puede considerar en diferentes niveles como son: a) los paisajes o ecosistemas; b) asociaciones o comunidades; c) especies; d) poblaciones y e) genes. Esta clasificación, principalmente espacial, se ha propuesto considerando que muchas estrategias de conservación están basadas en el contexto geográfico (Soulé 1991), aunque se tiene que considerar que los sistemas biológicos son dinámicos tanto en espacio como en tiempo.

Todos los niveles biológicos mencionados son componentes necesarios de los ambientes naturales y todos deberían de ser atendidos con oportunidad y eficacia. En cada nivel de diversidad biológica, se estudian los mecanismos que alteran o mantienen la propia diversidad. El ecosistema puede definirse como una o varias comunidades biológicas que interactúan con su medio físico. En este nivel, generalmente, se estudian los flujos de energía y de materia (biomasa) a través de los eslabones tróficos. Por ejemplo, cuando se desea determinar la cantidad de materia orgánica que transforman los productores (fitoplancton o plantas) a partir de la energía que absorben, para conocer cuánta de esta biomasa y energía es captada por los consumidores primarios, secundarios, terciarios y así sucesivamente, hasta conocer la cantidad que se reincorpora al sistema, cuánta sale de este y en qué formas lo hace.

También se estudian, las condiciones físicas que alteran estos procesos como pueden ser la temperatura, la humedad, la lluvia y la topografía del terreno entre otros. Hoy se asume que al conservar los ecosistemas, idealmente, se conservan el hábitat, las poblaciones de distintas especies y los genes, así como sus interacciones y sus procesos ecológicos, además de algunas de las prácticas humanas tradicionales que han estado históricamente asociadas con los ecosistemas. Es por esto que se recomienda enfocar el nivel ecosis-témico de manera prioritaria, ya que implica una mayor probabilidad de contribuir a la permanencia de los ambientes naturales.

Las comunidades biológicas se pueden definir como el conjunto de especies que comparten un lugar específico y las interacciones que tienen entre sí (aunque esta concepción suele dejar de lado las importantes interacciones de las comunidades con su medio físico). Para facilitar el estudio de las comunidades, en la práctica, una manera en que pueden agruparse, es basándose en la forma en que obtienen la energía del ambiente. De esta manera se tienen varios grupos: a) el primero es el de los organismos fotosintéticos (productores primarios), son aquellos que obtienen su energía directamente de la luz solar, que ocupan para construir moléculas orgánicas necesarias para su crecimiento, sobrevivencia y reproducción; b) los herbívoros (consumidores secundarios), que obtienen su energía de consumir organismos fotosintéticos; c) los carnívoros (consumidores secundarios o depredadores) que se alimentan de los herbívoros u otros animales. Los carnívoros generalmente son depredadores de otros animales, sin embargo existen especies animales que además de consumir a otros animales también consumen vegetales y se les llama omnívoros. Los parásitos podrían considerarse parte de los carnívoros pero son, usualmente, de menor tamaño que sus presas y no necesariamente las matan de manera inmediata; d) los detritívoros (descomponedores) son especies que se alimentan de restos de materia orgánica ya sea de origen vegetal o animal, degradando los tejidos complejos y moléculas orgánicas. Los detritívoros liberan al ambiente nitratos y fosfatos, que pueden después ser capturados y utilizados por los

productores primarios. Las relaciones de transferencia de biomasa y energía entre los organismos se presentan a través de las llamadas cadenas tróficas, estas se presentan cuando las necesidades de las especies son muy específicas y sólo se alimentan de un tipo de presas en particular. Sin embargo, generalmente una especie se alimenta de varios tipos de presas y, a su vez, puede tener más que un solo depredador, dando como consecuencia complejas redes tróficas (Primack 1995). Dentro de las comunidades se presentan especies que son importantes en el mantenimiento de la estructura de las mismas, de tal manera que su desaparición provocaría cambios muy notorios en estas. A este tipo de especies, se les conoce como especies clave y un ejemplo de ello son los grandes depredadores, aunque también existen especies menores cuya abundancia y efecto de sus actividades pueden influir drásticamente en el ambiente Miller *et al.* (1999).

Una especie puede definirse como el conjunto de individuos con características morfológicas y fisiológicas similares, que se reproducen entre sí y dejan descendencia fértil (esto es tratando de unir las definiciones morfológica y biológica de especie). También se ha definido, como los grupos de poblaciones que continuamente intercambian genes o son fenotípicamente similares. Es muy importante identificar y nombrar correctamente las especies, ya que en muchas de las áreas geográficas que se proponen para su conservación, se utilizan los criterios de la riqueza de especies, y de la presencia de especies endémicas o aquellas que se encuentran en alguna situación de riesgo. Por ejemplo, regiones montañosas aisladas y con grandes proporciones de especies endémicas son generalmente identificadas como prioridades de conservación.

Por su parte, las poblaciones son ensamblajes de individuos que mantienen intercambio de información genética en linajes que pueden ramificarse y unirse; asimismo intercambian información social en formas desde muy simples hasta muy complejas. Las poblaciones en peligro de extinción, las endémicas y aquellas de especies que influyen en procesos ecológicos importantes son prioridades a considerar, cuando se analiza información con respecto a la conservación de algún ecosistema en particular (Soulé 1991).

A una escala de mayor detalle, los genes presentan segmentos o unidades de cromosomas que codifican para proteínas específicas. Las diferentes formas de un gen se llaman alelos y estos pueden generarse principalmente por mutaciones. La reproducción sexual incrementa la variabilidad genética en la descendencia, mediante la recombinación de genes y cromosomas de los progenitores. También la diversidad topográfica, climática y ambiental influye, promoviendo la variación genética, tanto de especies como de las comunidades que estas forman. En la naturaleza, la variación genética mantiene la adecuación y la flexibilidad evolutiva de las poblaciones, incrementando de esta manera su probabilidad de sobrevivencia y conservación, en otras palabras, mientras mayor sea el acervo genético (*pool* genético) de las poblaciones mayor será su probabilidad de continuar existiendo (Soulé 1991, Primack 1995). Desde un punto de vista espacial, los genes constituyen el nivel más fino de la conservación. Los genes algunas veces son conservados *ex situ* como en bancos de semillas, de germoplasma o de tejidos (como en el caso de la preservación de semen u óvulos viables a temperaturas muy bajas) y hasta embriones. Estas actividades han traído importantes beneficios al hombre en la agricultura, biotecnología y salud pública; aunque siempre es mejor, y mucho menos costoso, conservar los genes en condiciones naturales y en su localidad natural. La preservación *ex situ* puede considerarse como un recurso alternativo para el caso de emergencias ambientales que puedan poner en riesgo a las poblaciones naturales.

Amenazas generales a la diversidad Pérdida o deterioro del ambiente natural nativo

Hoy es claro que la pérdida o el deterioro del ambiente natural nativo son las principales amenazas de disminución de la diversidad biológica, en particular basándose en la experiencia con especies de vertebrados, invertebrados, plantas y hongos (Primack 1995). Además, también pueden ser las principales causas de la alteración de procesos ecológicos y la modificación de ciclos biogeoquímicos. Se puede entender la pérdida del ambiente natural de dos maneras: la primera como la pérdida total del ambiente, por ejemplo, cuando se construye una ciudad sobre un área que anteriormente era boscosa. La segunda, como la pérdida parcial (deterioro) del ambiente, por ejemplo, cuando existe la remoción en grandes proporciones de algunas especies de flora o fauna, a través de la tala, colecta o cacería, o la modificación de la estructura de la vegetación.

Se ha mencionado que aunque esta puede ser la principal causa de disminución de la diversidad biológica, su impacto depende del tiempo y espacio. Por ejemplo existe diferencia en la diversidad de especies entre países tropicales y templados y también en su vulnerabilidad, ya que en los países tropicales existe una mayor riqueza en menores extensiones de terreno, aunado a que allí presentan tasas de deforestación más altas, haciendo más vulnerables a las especies de los trópicos a la pérdida o deterioro del ambiente natural nativo. No todas las amenazas contra la biodiversidad tienen el mismo impacto en todos los sitios, por ejemplo la lluvia ácida y el calentamiento global (efecto de invernadero) impactan más en sitios que están en altas latitudes en comparación con los de más bajas latitudes (Soulé 1991).

Fragmentación del ambiente natural nativo

La pérdida o destrucción del ambiente natural nativo llega a ocasionar la fragmentación del mismo, entendiéndose por fragmentación el proceso a través del cual un gran hábitat continuo es reducido en área y dividido en dos o más fragmentos (Primack 1995). De esta manera los ambientes naturales nativos, al ser fragmentados por acciones humanas como urbanización, establecimiento de cultivos o potreros y construcción de caminos, entre otros, sufren modificaciones notables del paisaje. Esto ocasiona discontinuidad en los ambientes naturales, así como alteraciones en los procesos ecológicos y en las interacciones entre especies nativas, modificando su futuro evolutivo en la medida en que se lleva a cabo la fragmentación. La fragmentación ocasiona que el paisaje adquiera una apariencia de archipiélago, donde los fragmentos están separados entre sí por los diferentes ambientes alterados por el hombre. La dinámica de estos fragmentos puede ser descrita, de modo relativamente aproximado, a través del modelo biogeográfico de islas. Los fragmentos difieren del ambiente continuo original en dos aspectos: los fragmentos presentan una gran cantidad de borde por área de fragmento y el centro de cada fragmento está más cercano al borde (Sánchez, en este volumen). Esto provoca que los ambientes naturales nativos fragmentados amenacen la existencia de las especies debido a que la fragmentación puede limitar la dispersión y colonización, al no permitir que los organismos lleguen al otro fragmento a través del ambiente destruido o transformado. De esta manera, muchas especies nativas no pueden recolonizar los fragmentos aislados lo cual a corto, mediano y largo plazos, modifican la riqueza y diversidad de especies nativas (Primack 1995). Es claro que mientras mayor sea el grado de fragmentación y menor el espacio del ambiente natural nativo, el impacto será mayor y más rápido. Por lo cual, siempre es preferible asegurar, para efectos de

conservación, la presencia de ambientes no fragmentados o con poco grado de fragmentación en torno a áreas con un historial de fragmentación conocido, de tal manera que sus efectos sean menores para todas las especies. En el caso que el ambiente ya se encuentre fragmentado (como podría ser el caso de varios lugares en los ecosistemas templados) se recomienda estudiar la posibilidad de establecer “corredores” entre los fragmentos, de tal manera que estos últimos se mantengan conectados entre sí, permitiendo el flujo de especies de un fragmento a otro.

Otras causas que amenazan la biodiversidad (contaminación, crecimiento poblacional humano, introducción de especies exóticas y enfermedades)

La contaminación del suelo, el aire o la tierra, tiene efectos en los ecosistemas, de tal forma que perjudica a todas las especies que habitan en ellos. Los agentes más frecuentes de contaminación son los pesticidas, diversos químicos utilizados como fertilizantes, las aguas residuales (vertidas por industrias y zonas urbanas), las emisiones de humos y polvos por fábricas y las de los automóviles. Es conocido el efecto que tiene, sobre las cadenas tróficas, la contaminación por pesticidas (DDT y otros compuestos organoclorados) y cómo su concentración se incrementa conforme las especies pertenecen a niveles tróficos superiores. Un ejemplo de esto es lo ocurrido con poblaciones de aves rapaces que se alimentaban de otras aves, que a su vez habían consumido insectos, los cuales habían sido expuestos a pesticidas (Primack 1995). La contaminación del agua tiene consecuencias negativas, ya que disminuye y puede hacer desaparecer especies acuáticas, además de que altera las propiedades químicas del agua, haciéndola inservible. Los arroyos, ríos, lagos y océanos, generalmente son usados como drenajes en la gran mayoría de los asentamientos humanos y por la industria. Los pesticidas, herbicidas, petróleo, metales pesados, detergentes y materia orgánica, son frecuentemente vertidos a los cuerpos de agua ocasionando su eutrofización y, al mismo tiempo, disminuyendo la cantidad de líquido disponible para el establecimiento y uso de otras especies.

La contaminación del aire, se provoca al verter nitratos, sulfatos, entre otras sustancias a la atmósfera, las que a su vez producen ácido nítrico y ácido sulfúrico, ocasionando la lluvia ácida que ha provocado la disminución en poblaciones de anfibios e inhibición en los procesos de descomposición por parte de microorganismos, entre otras cosas. Otros efectos de este tipo de contaminación son la alteración de la capa de ozono y el incremento de residuos de metales tóxicos, así como el cambio climático global (Primack 1995).

El crecimiento poblacional mundial ha ejercido una presión muy alta sobre los recursos naturales, no sólo por la demanda de su uso, sino también por la producción de desechos que al final afectan al ambiente. Se ha mencionado que de mil millones de personas que existían en 1800 se pasará a 10 mil millones para el año 2046 y a 12 mil millones para el 2100, según proyecciones del Banco Mundial y de la Organización de las Naciones Unidas. Se ha argumentado que tales cifras son incompatibles con los procesos ecológicos y evolutivos naturales, principalmente porque la base de la evidencia relacionada con la desaparición de grandes espacios naturales, que conlleva la reducción del número de grandes depredadores, la alteración de la migración de las aves, todo lo cual impacta la protección y manutención de ambientes naturales nativos (Soulé 1991).

La introducción de especies exóticas es otra amenaza también contra la biodiversidad. Una especie exótica es aquella que ha sido llevada, por el hombre o por otros agentes, a un sitio del cual no es nativa con lo que se modifica su distribución natural, la cual históricamente estuvo definida por barreras abióticas (temperatura, humedad o cadenas montañosas entre otros) y

bióticas (capacidad de dispersión, alimento, depredadores entre otros). En general, cuando este movimiento de especies se ha dado deliberadamente, ha sido para satisfacer las necesidades inmediatas, o incluso caprichos, del hombre, en lugares a donde nuestra especie ha ido arribando. Antes de la industrialización, la gente llevaba consigo unas cuantas especies de plantas y animales, sobre todo las domesticadas, a cada lugar que colonizaba; pero en tiempos modernos, una gran cantidad de especies han sido introducidas tanto deliberada como accidentalmente en áreas de donde no son nativas. Las introducciones, de manera general, han ocurrido por las siguientes causas: las colonizaciones de unas naciones a otras, ocurridas cuando los colonizadores arribaban a sus nuevos destinos y lo hacían con animales y plantas de su país de origen, para iniciar su cultivo o crianza en el nuevo sitio bajo condiciones poco controladas, convirtiéndose de esta manera la horticultura, agricultura y ganadería, en actividades que propiciaron la introducción de especies exóticas. Por otra parte, el transporte accidental también ha facilitado la introducción de especies exóticas; algunas especies han sido transportadas de manera no intencional por el hombre cuando este viaja de un lugar a otro por ejemplo en barcos (algas, roedores, artrópodos, semillas), aeroplanos (artrópodos, semillas, roedores, murciélagos) o en el propio cuerpo humano (artrópodos incluyendo parásitos, virus, bacterias) (modificado de Primack 1995).

Las especies exóticas, pueden desplazar a las especies nativas por su eventual competitividad alta limitando así los recursos; además pueden ser depredadoras de especies originarias o pueden modificar el ambiente natural de tal manera que perjudican a las especies nativas. Las especies exóticas pueden presentar mayor capacidad (que las nativas) de invadir y dominar nuevos ambientes naturales debido a la ausencia de sus depredadores naturales, parásitos o enfermedades, pues en ocasiones estas especies pueden introducir nuevos parásitos o enfermedades a los ambientes naturales provocando mortandad en las especies nativas. Los parásitos pueden ser tanto microscópicos como virus, bacterias, hongos y protozoarios o macroscópicos como helmintos y artrópodos parásitos (Primack 1995).

Vulnerabilidad intrínseca de distintas especies a la extinción

No todas las especies tienen la misma probabilidad de extinguirse, existen especies que son más vulnerables a la extinción. Estas especies suelen necesitar mayores esfuerzos para que sea posible su conservación. La extinción de especies del ambiente natural nativo, además de disminuir la biodiversidad, también modifican y alteran los procesos ecológicos en los que participan afectando a otras especies, lo que también ocasiona cambios en las comunidades y ecosistemas (Mills *et al.* 1993). Las especies que son más vulnerables a la extinción se presentan en una o más de las siguientes categorías (Primack 1995):

1. Especies con estrecha distribución geográfica. Algunas especies se presentan en un sólo lugar o en pocos, es decir, con una distribución espacial muy reducida y si estos lugares son amenazados por presiones ambientales, como las originadas por actividades humanas, entonces esas especies corren el riesgo de extinguirse. Especies que pueden estar en esta categoría son aquellas que sólo se localizan en islas oceánicas o que son endémicas a puntos geográficos muy pequeños en áreas continentales.
2. Especies con sólo una o pocas poblaciones. Cualquier población de una especie puede desaparecer localmente por acciones naturales (incendios, enfermedades) o antrópicas (deforestación, urbanización). Las especies que están constituidas por muchas poblaciones tienen menor riesgo comparativo de extinción.

3. Especies con tamaños poblacionales pequeños. Las especies con poblaciones pequeñas tienen mayor probabilidad de extinguirse localmente, que aquellas que presentan poblaciones más grandes; esto es debido a que presentan disminución en la variabilidad genética. Ejemplos de especies que pueden estar ubicadas en esta categoría son los grandes depredadores y los taxones que son altamente especialistas.
4. Especies con densidades poblacionales bajas. Una especie con bajas densidades poblacionales (pocos individuos por unidad de área o volumen) es comparable a una que tuviera sólo poblaciones pequeñas en diferentes fragmentos de ambiente natural nativo, lo cual incrementa su grado de vulnerabilidad.
5. Especies con poblaciones que están disminuyendo. Algunas poblaciones muestran tendencias que marcan una disminución poblacional, lo cual podría llevarlas a su extinción; su vulnerabilidad decrecería si se lograra identificar y corregir la causa de su disminución.
6. Especies que necesitan un ámbito de actividad grande. Las especies cuyos organismos requieren, de manera individual o grupal, grandes extensiones de tierra para alimentarse y realizar sus actividades, pueden resultar severamente agredidas por la pérdida, deterioro o fragmentación del ambiente natural nativo.
7. Especies con tamaño corporal grande. Las especies grandes tienden a tener mayores demandas energéticas y de alimento, lo cual las hace en general más vulnerables que las pequeñas. Las especies como los carnívoros grandes, las ballenas y herbívoros grandes generalmente se encuentran más propensas al riesgo de extinción.
8. Especies que no tienen dispersión efectiva. Los cambios climáticos constantes requieren que las especies se adapten a ellos. Aquellas que no lo pueden hacer, pueden migrar a otros ambientes que les sean más propicios y esto reduce su riesgo de extinción. Los cambios inducidos por el hombre en los ambientes naturales son demasiado rápidos y sólo dejan a unas cuantas especies la opción de la dispersión, y cuando esta no es efectiva, tales especies tienen mayor riesgo de desaparecer.
9. Especies migratorias estacionales. Algunas especies requieren de dos o más tipos de ambientes para sobrevivir, si alguno de estos ambientes es destruido o transformado, esto coloca en riesgo a dichas especies. Existen especies que migran a través de gradientes, ya sean de temperatura, de humedad o de otros factores, para llegar a ambientes favorables; si estos ambientes son transformados, entonces la vulnerabilidad de esas especies a la extinción aumenta.
10. Especies con poca variabilidad genética. La variabilidad genética en una especie puede proporcionarle mayor capacidad para adaptarse a los cambios ambientales. Especies con reducida variabilidad genética son más vulnerables a extinguirse en caso de un cambio repentino en el ambiente, como una enfermedad, un nuevo depredador o algún otro cambio ambiental significativo.
11. Especies con requerimientos especializados de nicho. Existen organismos que tienen restricciones de nicho ecológico muy particulares ya sea abióticas (temperatura, humedad,

pH, topografía, entre otros) o bióticas (cobertura, disponibilidad de alimento u otras). Cuando por alguna razón se modifica la disponibilidad de recursos, estas especies resultan más vulnerables que aquellas cuyos requerimientos son más generales, ya que las últimas tienen mayor capacidad para hacer uso de otros recursos.

Conservación *in situ* versus conservación *ex situ*

Dependiendo de los objetivos que determine cada caso particular, puede ser más recomendable aplicar una estrategia de conservación u otra (Soulé 1991), aunque ya se ha mencionado que la mejor estrategia para conservar la biodiversidad es mantenerla en el ambiente natural donde se ha desarrollado evolutivamente (conservación *in situ*), ya que también es importante conservar sus interacciones, los procesos ecológicos en que participan así como sus procesos de evolución natural (Primack 1995). Algunas ventajas que se tienen, al realizar conservación en el sitio original, son: 1) se asegura que se conservan los procesos ecológicos en que están implicados los organismos; 2) los organismos y el ambiente continúan con su proceso de desarrollo evolutivo (natural); 3) los gastos de mantenimiento o suplementación a ambientes y poblaciones son menores o nulos, ya que estos encuentran sus recursos por sí solos; 4) la conservación de aspectos sociales estrechamente vinculados con la naturaleza (usos humanos tradicionales), y 5) la variación genética se mantiene, con o sin fines de uso económico (Soulé 1991). Si se aspira a conservar procesos o funciones ecológicas y evolutivas, así como los ciclos biogeoquímicos, y no solamente organismos individuales, lo más recomendable es aplicar una estrategia de conservación *in situ* ya que esta sería la única manera de procurar el buen funcionamiento del ambiente y el desarrollo natural de sus componentes. Conservar los ambientes naturales nativos debe de ser una prioridad absoluta de conservación. Tradicionalmente los esfuerzos gubernamentales de conservación en este sentido han apostado a la creación de áreas naturales protegidas, en sus diferentes categorías, pero en la mayoría de los casos esta medida no ha sido suficiente, ya que no se ha logrado plenamente el objetivo de la conservación de los ecosistemas; lo que evidencia la necesidad de asumir otras formas de hacer conservación *in situ*, incluyendo las áreas no sujetas a protección oficial.

Por su parte, la conservación *ex situ* sólo se recomienda como un apoyo adicional, para conservar individuos y genes de especies que en la naturaleza se hallan en dificultades notorias; generalmente a través del mantenimiento de poblaciones cautivas en jardines botánicos, zoológicos, acuarios, y otros espacios que puedan mantener y propagar organismos (Conway 1986). A nivel de genes existen los bancos de semillas, colecciones de cultivo de tejidos, germoplasma, cryopreservación entre otros (Soulé 1991). No obstante, la viabilidad y la relación costo-beneficio de la conservación *ex situ* y a largo plazo de semillas, semen, óvulos, embriones y otros, por medio de alta tecnología, sigue siendo objeto de debate (O. Sánchez, com. pers. 2003). Como puede apreciarse, para definir la estrategia (*in situ*, *ex situ* o una combinación de ambas) debe definirse claramente el objetivo de cada programa, aunque es evidente que a través de la conservación *in situ* la posibilidad de proteger más niveles de la biodiversidad y de sus procesos intrínsecos es mayor.

La biología de la conservación y el futuro de los ecosistemas templados de montaña en México

Los ecosistemas templados de montaña en México, a pesar de hallarse entre los más extensos y contar con un número considerable de reservas, resultan de lo menos protegidos debido a que, en la práctica, se presentan muchos problemas de operación que dificultan cumplir con el objetivo de conservación. Por otro lado, varias de las reservas originalmente decretadas hoy son pequeñas y están consideradas más bien como zonas recreativas (Toledo y Ordóñez 1993). Esto evidencia, de alguna manera, que no basta con decretar reservas, sino que deben buscarse y aplicarse estrategias complementarias. Challenger (1998) menciona que, para que la conservación de los recursos tenga efecto, debe considerarse el desarrollo social ya que estos dos aspectos son mutuamente dependientes y no opuestos, como muchas veces se ha planteado. El término de desarrollo no implica simplemente el pasar de pobre a rico, más bien el concepto es más amplio e incluye una mayor dignidad, seguridad, justicia y equidad humana. Para que la conservación de los ecosistemas templados de montaña pueda llevarse a cabo de una manera más apropiada, se requiere un cambio de actitudes y de estrategias, en diferentes ámbitos. Por ejemplo, en el político tiene que cambiarse el concepto de desarrollo y vincularse con el de la conservación de recursos a mediano y largo plazo; tiene que considerarse como una prioridad nacional, estatal y municipal; debe apoyarse una mayor y mejor educación ambiental hacia toda la población, a través de la capacitación, la actualización y la formación de profesionales en el área ambiental para que estos, a su vez, puedan difundir y transmitir el conocimiento, además de generar propuestas en conjunto con la gente involucrada directamente con el uso de los recursos bióticos.

Para aspirar a todo esto tendría que destinarse un mayor porcentaje de recursos económicos, a fin de desarrollar programas participativos tanto de investigación básica y aplicada, como para incrementar el conocimiento en los aspectos de mayor prioridad. Las propuestas deberían ir en el sentido de diversificar y ordenar mejor el uso de las especies, así como utilizar un mayor número de estas (particularmente las nativas, para evitar introducción de más especies exóticas) de tal forma que las propuestas incluyan el mayor número de especies posible por ambiente. Las propuestas debieran surgir con una clara preocupación social, intentando dar respuesta a problemáticas locales, que deben ser de consenso entre las diversas comunidades humanas. En el aspecto social, se debe de abrir más el panorama en cuanto al manejo y aprovechamiento integral de otras especies (diferentes a la mayoría de las domésticas) e intentar entender más sobre el posible papel del uso razonado y diversificado, en la conservación de los ecosistemas, en comparación con las consecuencias de no hacerlo. En el aspecto académico se requiere una mayor y mejor preparación de los profesionistas en biología de la conservación, desarrollar capacidades de trabajo en equipo con personas de diversas disciplinas, de integrar métodos y propuestas, para ofrecer alternativas que promueven la fusión del desarrollo social, en su más amplio sentido, con la conservación de los ecosistemas.

Agradecimientos

Los comentarios críticos de Óscar Sánchez, de Ernesto Vega y de un tercer revisor, anónimo, contribuyeron a mejorar este trabajo.

Bibliografía

Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Agrupación Sierra Madre, S.C. México, D.F. 847 pp.

Conway, W. 1986. The practical difficulties and financial implications of endangered species breeding programmes. *International Zoo Yearbook* 24/25:210-219.

Galusky, W. 2000. The promise of conservation biology, *Organization and Environment* 13(2): 226-232.

Leopold, A. S. 1953. *Conservation*. En: Bailey J., E. William y T. Mckinney. 1983. Readings in wildlife conservation. 4 th impression. The Wildlife Society. Washington, D.C. 55-63 pp. 722 pp.

Miller, B., R. Reading, J. Strittholt, C. Carroll, R.Noss, M. Soulé, Ó. Sánchez, J. Terborgh, D. Brightsmith, T. Cheeseman y D. Foreman 1999. Using Focal Species in the Design of Nature Reserve Networks. *Wild Earth* 11:81-92.

Mills, S., M. Soulé y D. Doak 1993. The keystone-Species concept in ecology and conservation. *Bioscience* 43(4): 219-224.

Primack, R. 1995. *A primer of conservation biology*. Sinauer- Sunderland. USA, 277 pp.

Soulé, M. 1985. What is conservation biology?. *Bioscience* 35(11): 727-734.

Soulé, M. 1991. Conservation: Tactics for a constant crisis. *Science* 253: 744-750.

Soulé, M. y M. Sanjayan. 1998. Conservation targets: do they help?. *Science* 279: 2060-2061.

Toledo, V. y M. J. Ordóñez 1993. The biodiversity scenario of Mexico: A review of terrestrial habitats. En: Ramamoorthy T., R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.) *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, Nueva York, 757-77 pp.