

CAMBIO GLOBAL Y BIODIVERSIDAD

*Irene Pisanty Baruch**

LA CASA DE LA VIDA Y LA VIDA DE LA CASA

La humanidad resulta exaltada no por estar muy por encima de la naturaleza sino porque nuestro conocimiento de ésta eleva el concepto que tenemos de nosotros mismos.

(Wilson 1993)

Por tradición, y también por razones derivadas del desarrollo histórico de los conceptos ecológicos, tendemos a ver al medio físico como un conjunto de simples determinantes o factores limitantes para los seres vivos y sus funciones; i.e., pensamos al conjunto de elementos como el aire, el suelo y el agua como *la casa de la vida*. Sin embargo, estos procesos están indisolublemente asociados a los seres vivos y a la vida misma. El suelo, por ejemplo, tradicionalmente reconocido como un elemento abiótico, no podría existir sin la actividad de los organismos de muy diferentes tipos que a través de una gran diversidad de procesos participan en su formación. Un ejemplo de la interacción entre

* Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

*La casa
de la vida
y la vida
de la casa*

los componentes físicos y biológicos de la Tierra, particularmente relevante en la actualidad, tiempos del cambio global, es la atmósfera. Descrita inicialmente como una capa de gases inertes que envuelven a la Tierra, la atmósfera terrestre es reconocida hoy como el resultado de muchos procesos constantes, varios de los cuales están estrechamente vinculados a la actividad biológica. La presencia del oxígeno y la consiguiente formación de la capa de ozono es uno de los ejemplos más relevantes; el oxígeno presente en la atmósfera es el resultado de la actividad fotosintética que permite la liberación de este elemento a partir de las capas bajas de la atmósfera y la formación de la capa de ozono en las más altas. La atmósfera sigue siendo afectada por los procesos biológicos que le dieron origen hace millones de años, y se renueva constantemente gracias a ellos. Las interacciones complejas y constantes de este tipo han hecho del planeta un amplio sistema con la capacidad de autorregularse.

Concebir
al medio físico
como la casa
de la vida,
sin considerar
a la vida
de esa casa,
es equivoco...
y representa
una posición
peligrosa para
nuestra especie.

Desde hace alrededor de un siglo las actividades de una sola especie, la nuestra, interviene, modifica, altera e incluso pone en riesgo a la atmósfera y, en general, a los mecanismos de autorregulación a los que hemos hecho referencia. Las actividades humanas han tenido efectos de gran relevancia sobre la atmósfera a diferentes escalas, desde contaminación atmosférica a nivel local, como sucede en las zonas urbanas e industriales, hasta el adelgazamiento de la capa de ozono que se ha llenado de verdaderos “agujeros” en algunas zonas críticas, que han dejado extensas regiones terrestres expuestas a niveles de luz ultravioleta riesgosos para la vida.

El cambio climático resultante de la exacerbación del efecto invernadero que proporciona la atmósfera terrestre, y que posibilita la vida como la conocemos, ha generado modificaciones que son parte medular de los múltiples procesos involucrados en un acelerado cambio global. De esta forma, concebir al medio físico como *la casa de la vida* sin considerar a la vida de esa casa, es equivoco desde el punto de vista científico y representa una posición peligrosa para nuestra especie. La interacción entre elementos bióticos y abióticos está en los cimientos mismos de la vida en la Tierra.

*En áreas cada vez mayores de los Estados Unidos de América
la primavera llega sin el anuncio del regreso de las aves,
y las mañanas son extrañamente silenciosas donde antes estaban
llenas de la belleza del canto de las aves.*
(Carson 1962)

*Cambio
global y
biodiversidad*

El desarrollo de lo que comúnmente llamamos conciencia ambiental deberá algún día ser analizado como un proceso singular de aprendizaje colectivo que incluye, entre otras muchas cosas, la aceptación de un cambio en la forma en que las sociedades humanas se relacionan con la naturaleza, además de una gran diversidad de enfoques e intentos por aplicar medidas correctivas hacia los problemas derivados del mismo. Éste no es el espacio para ello, y un estudio de ese tipo requiere de verdaderos expertos, pero vale la pena recordar que la concepción misma de la naturaleza se modificó drásticamente a partir de que Charles Darwin reconoció en su obra *El origen de las especies* que "...todas estas formas (de vida) construidas elaboradamente, tan diferentes unas de otras, y dependientes entre sí de una manera tan completa, han sido producidas por fuerzas que actúan alrededor de nosotros". Esta simple oración engloba una revolución epistemológica tal que sus efectos rebasaron rápidamente el ámbito de las ciencias biológicas en el que nació y se socializaron al grado de cambiar la visión que del mundo natural se tenía hasta antes de 1859, año en que fue publicada la obra. Uno de los efectos colaterales, por así llamarlos, de establecer que la vida es resultado de procesos naturales y no divinos, fue la importancia que el estudio de tales procesos ecológicos adquirió, y una de las consecuencias de esto último fue el nacimiento de la ecología como disciplina científica así como su desarrollo acelerado a lo largo del siglo XX.

Durante la primera mitad de éste, la ecología fue una preocupación académica que alcanzó gran relevancia por proporcionar respuestas a preguntas científicas nuevas. Sin embargo, adquirió una dimensión completamente diferente a partir del reconocimiento de que *algo* estaba pasando en la naturaleza que no necesariamente era deseable. Este reconocimiento rebasó la preocupación que podían tener unos cuantos científicos o personas que de una forma u otra estaban en contacto con la naturaleza y la observaban a partir de una publicación

no científica que fue un verdadero parteaguas. La *Primavera silenciosa* de Rachel Carson denunciaba en 1962 por primera vez y de forma incuestionable, en un texto claro y accesible a todo público, el efecto que los múltiples pesticidas que acompañaron a la revolución verde tenían sobre las aves, cuyos trinos dejaban ya de llenar las mañanas primaverales. El silencio de estas mañanas se debía a la muerte de las aves migratorias a causa de los pesticidas con los que se rociaba a los cultivos, y que eran los mismos que empezaban ya a tener efectos gravísimos en la población humana. La obra de Carson enfrentó todo tipo de dificultades y censuras para salir a la luz pública, pues tocaba intereses económicos y políticos extremadamente poderosos; de hecho el libro sólo pudo ser publicado después de su muerte. Una vez disponible, el libro circuló ampliamente y el tema del deterioro ambiental se hizo público. Paradójicamente, a pesar de que este libro fue sólo el primero de una vasta literatura que se ocupa del tema, los problemas que señaló y los obstáculos con que se enfrentó siguen vigentes; las soluciones para muchos de ellos quedan aún muy lejos.

El terreno inaugurado por Rachel Carson está íntimamente relacionado con el mundo darwiniano: las fuerzas naturales que conforman a la vida están siendo continua y profundamente alteradas por las actividades de una sola de las muchas especies que habitan este planeta, y las consecuencias de ese hecho frecuentemente son desfavorables para los seres vivos y para los procesos naturales de los que dependen. Paradójicamente, también son riesgos para la propia especie que es el motor de estas alteraciones. Sin embargo, el discurso ambientalista se adelantó al trabajo de los científicos en lo que a poner el tema sobre la mesa se refiere; desafortunadamente el tiempo que requiere una investigación científica sólida frecuentemente ha llevado a las autoridades de diferentes niveles –desde locales hasta globales– a tomar decisiones erróneas de severas consecuencias no sólo para la naturaleza sino también para los seres humanos y sus sociedades.

Es en este escenario que aparece el proceso denominado cambio global, que incluye entre otros muchos elementos al cambio climático, la pérdida de especies con usos ya identificados y también potenciales, y la pérdida de servicios ambientales. Este es también el escenario en el que se desarrolla la polémica sobre el tema, que dista de ser sencilla y de fácil solución, debido en gran parte a la falta de conocimiento científico, pero también a las barreras ideológicas y epistemológicas así como a los grandes intereses políticos y económicos que están in-

Desafortunadamente,
el tiempo que
requiere una
investigación
científica sólida
frecuentemente
ha llevado a las
autoridades
de diferentes niveles
–desde locales
hasta globales– a
tomar decisiones
erróneas de severas
consecuencias
no sólo para
la naturaleza sino
también para los
seres humanos
y sus sociedades.

volucrados tanto en sus causas como en sus posibles soluciones. Los recursos naturales de los que disfrutamos y los servicios ambientales de los cuales dependemos estrechamente como especie, detentan uno de los rasgos más notorios de la crisis ambiental contemporánea: la pérdida de biodiversidad, tema principal de este artículo.

*Cambio
global y
biodiversidad*

BIODIVERSIDAD

*... estamos experimentando con preguntas existenciales,
con un experimento a escala global, carente totalmente de planificación,
con resultados irreversibles y un producto final desconocido
-y con el principal impacto de los resultados de nuestro experimento
endosado a generaciones que aún no nacen.
(Myers 1991 y 1996)*

A pesar de ser escuchado y leído con mucha frecuencia –o quizá justamente por eso–, el término *biodiversidad* exige ser definido casi cada vez que se le utiliza. Una vez entrado en el lenguaje cotidiano y sobre todo en la terminología política, este término perdió su connotación original y mucha de su riqueza como concepto científico. A cambio de eso, tiende a entrar en una visión colectiva. Que esta visión sea clara es de extrema importancia para que la sociedad pueda enfrentar el escenario ambiental.

La ecología científica define a la *riqueza* como el número de especies presentes en un sitio y un momento dados, y a la *diversidad* como un parámetro cuantificable que conjunta el número de especies presentes en un sitio y un tiempo dados (conocida técnicamente como *riqueza*) con la abundancia y la frecuencia que cada una de las especies tiene. De esta forma, se trata de una medida que pondera la posibilidad de que dos organismos que se muestrean consecutivamente sean o no de la misma especie. Las maneras de medir la diversidad de una zona son variadas y existen muchos índices numéricos para hacerlo (McGurran 1988). Entre los ecólogos hay también un uso ligeramente más laxo, que asocia directamente a la diversidad con la riqueza. Así, muchos autores reconocieron desde hace muchos años que algunas comunidades o algunos ecosistemas son más diversos que otros; por ejemplo, el trópico húmedo siempre se ha reconocido como más diverso que los bosques de coníferas.

A partir de la *Cumbre de la Tierra*, que se efectuó en Río de Janeiro en 1992, el término *biodiversidad* entró al discurso ambientalista

La polémica sobre el cambio global dista de ser sencilla y de fácil solución debido en gran parte a la falta de conocimiento científico, pero también a las barreras ideológicas y epistemológicas así como a los grandes intereses políticos y económicos que están involucrados tanto en sus causas como en sus posibles soluciones.

y de política ambiental, refiriéndose a la riqueza, i.e., al número de especies. En un acto público que tuvo lugar en México, el connotado ecólogo y gran ambientalista Otto Solbrig definió a la biodiversidad como la *riqueza* –o la diversidad *sensu lato*- de los ecólogos en boca de los burócratas. Independientemente de que sea o no un término que satisfaga las necesidades de rigor que tiene la ecología científica, la palabra *biodiversidad* llegó para quedarse, y su significado amplio es de gran utilidad.

Edward O. Wilson, uno de los defensores más emblemáticos de la biodiversidad, que es además un científico extremadamente relevante, consideró que definir a la biodiversidad como el conjunto de especies que se encuentran en un sitio en los mismos términos que los ecólogos lo hacen a través del concepto de *riqueza*, es insuficiente. El autor opina que la biodiversidad es mucho más que eso porque incluye a la variedad de ecosistemas, que comprende a las comunidades de organismos de hábitats particulares y a las condiciones físicas en las que viven (Wilson 1993).

La *Convención de Biodiversidad*, derivada de la misma cumbre de Río de Janeiro, define a la biodiversidad como “la variabilidad entre los seres vivos de cualquier origen, incluyendo, *inter alia*, terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye la diversidad entre especies, dentro de las especies, y de los ecosistemas”. A partir de esta definición se reconocen los tres niveles de biodiversidad, que corresponden a diferentes niveles jerárquicos (Risser 1995; Redford y Richter 1999), todos ellos de gran relevancia:

Cada organismo es un ser único pues posee un genotipo que le es propio y que no se repite.

La pérdida de diversidad genética es hoy uno de los grandes problemas que enfrentan, por ejemplo, los agricultores.

- a) *Diversidad genética*: cada organismo es un ser único pues posee un genotipo que le es propio y que no se repite salvo bajo ciertas circunstancias biológicas (v. gr., la reproducción asexual como la partenogénesis o la apomixis) que no son las más frecuentes. La sexualidad se ha asociado justamente con el mantenimiento de la diversidad genética de los grupos biológicos a partir de la recombinación genética. La selección artificial de la que han sido objeto muchas especies de importancia económica se ha traducido en la pérdida de diversidad genética, que es hoy uno de los grandes problemas que enfrentan, por ejemplo, los agricultores. La diversidad genética puede ser la única garantía para evitar la pérdida de algunas especies tanto silvestres como domesticadas. En ambos casos, los

efectos de una enfermedad o de una plaga incrementan de forma importante si la variación genética es escasa e incluye a genotipos poco resistentes. Fue con esto en mente que se crearon centros internacionales de germoplasma, como el Centro de Investigación de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT). Una vez que la producción del maíz se industrializó y se basó en el llamado vigor híbrido (que resulta de efectuar, generación tras generación, cruza entre unos cuantos genotipos seleccionados por lo favorable de sus características) se generó una disminución progresiva de la diversidad genética de las variedades utilizadas. Este proceso contrasta con la domesticación histórica tradicional por parte de los grupos campesinos, misma que prevalece hasta nuestros días y que se centra en la diversidad genética. En los mercados rurales mexicanos, por ejemplo, o bien entre campesinos individuales, aún se da el trueque de semillas, y con ello la llegada de genotipos nuevos a las milpas. Esta consideración subyace a la discusión sobre la conservación *ex situ*, por ejemplo en zoológicos, de unos cuantos ejemplares que se puedan reproducir entre sí, y es también la base de los argumentos de los ambientalistas que se oponen al uso indiscriminado y no regulado de variedades transgénicas en los centros de origen y diversificación de los cultivos.

- b) *Diversidad específica*. El número de especies que habitan la Tierra es aún una gran incógnita, y hay diferencias de uno o hasta de dos órdenes de magnitud entre las aproximaciones de diferentes autores. Wilson (1993) estimó que existen 1.4 millones de especies identificadas con su correspondiente nombre científico, y que probablemente haya una diferencia de un orden de magnitud entre las existentes y las ya conocidas. Los estudios de este autor en Costa Rica y los trabajos entomológicos de Erwin (1996), entre otros, permitieron ver más la magnitud de nuestra ignorancia que la de la biodiversidad. Wilson colectó hormigas en un área de 1.5 km alrededor de la estación biológica conocida como *La Selva*, en Costa Rica, y encontró 34 especies del género *Pheidole*. De este grupo, 16 nunca habían sido reportadas, i.e., 32% de los organismos que identificó resultaron especies nuevas para el conocimiento humano. Por su parte, Erwin investigó la entomofauna de las copas de los árboles de Perú y de Panamá, muy particularmente a los coleópteros (escarabajos), que son, junto con las hormigas y las moscas, uno de los grupos taxonómicos más diversos que se conocen. Erwin utilizó

una tenue niebla de insecticida que hizo caer a los insectos de las copas de los árboles del dosel de las selvas tropicales y subtropicales en las que trabajaba. El resultado fue sobrecogedor: en Panamá colectó con este sencillo método 8500 ejemplares, pertenecientes a 1,250 especies, y en Perú encontró 3 429 especies representadas por un total de 15,869 individuos. Los estudios de Erwin fueron parte de un amplio programa de investigación sobre la diversidad de los coleópteros, y sus resultados son consistentes con los obtenidos por muchos otros investigadores en otras partes del mundo, como Australia, Nueva Guinea y Brunei. Con base en sus estimaciones, Erwin concluyó que entre 30 y 50 millones de especies de insectos podrían vivir en las copas de los árboles. Huelga decir que es probable que una proporción importante de esta entomofauna esté conformada por organismos que jamás han sido vistos por ojos humanos y cuya función ecológica es totalmente desconocida, tanto como los potenciales beneficios que pudieran representar para nuestras sociedades. Esta incertidumbre, por supuesto, impide cuantificar adecuadamente el número de especies que se han extinguido en los últimos años, lo cual representa una preocupación para algunos científicos, gobernantes y ciudadanos en general. Las causas de que exista la diversidad biológica son muchas, variadas y complejas, y aunque en general se explican con postulados darwinistas, desde hace mucho tiempo éstos llegan a resultar insuficientes para su cabal y detallada comprensión. La diversidad de especies es una de las primeras percepciones que tenemos de la riqueza y complejidad de la naturaleza, y es expresión de una larga y compleja historia evolutiva que en la mayoría de los casos nos es desconocida e irrecuperable. Sin embargo, nuestra ignorancia más dramática radica en torno a la identificación del papel que cada especie juega en un ecosistema. Como resultado de nuestra percepción empírica tendemos a asignar un papel dominante a las especies que son numéricamente superiores, a las de mayor tamaño o a las que a primera vista cumplen funciones protagónicas. Este procedimiento con frecuencia no es acertado. Los errores a los que nos lleva son abundantes, y se dan tanto en el terreno de la toma de decisiones y del diseño de políticas públicas como en el área científica, con la salvedad de que en esta última es posible y más sencillo hacer correcciones (y de hecho se busca hacerlo). Debemos reconocer, como científicos y como ambientalistas, que carecemos de explicaciones precisas para

Como resultado de nuestra percepción empírica tendemos a asignar un papel dominante a las especies que son numéricamente superiores, a las de mayor tamaño o a las que a primera vista cumplen funciones protagónicas. Este procedimiento con frecuencia no es acertado.

la inmensa mayoría de los casos específicos, y que esto nos hace enormemente difícil predecir el efecto que las actividades humanas pueden tener sobre la biodiversidad resultante de millones de años de evolución. Es también importante reconocer que hay un nivel funcional de la biodiversidad que es necesario para mantener el funcionamiento de los ecosistemas (Folke, Holling y Perrings, 1996), y cuyos límites nos son también desconocidos.

- c) *Diversidad ecosistémica*. Los ecosistemas se distribuyen de acuerdo a grandes franjas macroclimáticas y también como respuesta a condiciones mesoclimáticas. Es en ellos en donde se expresan las diversidades genética y específica, pero representan en sí, como sistemas complejos, una riqueza extremadamente importante. Los grandes procesos de regulación y los ciclos biogeoquímicos fundamentales para la vida, incluido el del agua, se dan a nivel ecosistémico. El flujo de energía sucede en este nivel, así como la expresión de las consecuencias de la pérdida de diversidad genética y específica. Este enfoque empapa al discurso ambientalista porque es precisamente en el ecosistema donde los cambios en otros niveles de complejidad (como el sinecológico y el poblacional) se expresan y adquieren relevancia. Lamentablemente, los procesos ecosistémicos son tan complejos que es en ellos donde mayor resulta nuestra ignorancia y por ende donde más difícil es encontrar medidas de mitigación. De hecho, la mayor parte de la información sobre la importancia de la diversidad en los procesos ecosistémicos deriva de observaciones y experimentos que involucran sólo a una o a unas pocas especies (Risser 1995).

En términos generales, como se ha dicho muchas veces, los límites entre los ecosistemas son casi una abstracción, pues finalmente a través de la atmósfera todos los ecosistemas están relacionados entre sí y constituyen la biosfera de la Tierra. Esta consideración debe ser tomada en mente si se quiere entender el cambio global, el nivel en que ocurre y sus alcances.

A través de la atmósfera todos los ecosistemas están relacionados entre sí y constituyen la biosfera de la Tierra. Esta consideración debe ser tomada en mente si se quiere entender el cambio global, el nivel en el que se da, y sus alcances.

¿POR QUÉ IMPORTA LA BIODIVERSIDAD?

¿Por qué importa la biodiversidad?

Dado que el capital natural no está capturado en los mercados existentes, se deben usar métodos especiales para calcular su valor.

(Constanza y Daly 1992)

Quizá para un público informado esta pregunta parezca banal, casi una perogrullada. En realidad no lo es. El cambio global, la contaminación atmosférica, el agotamiento de los suelos son preocupaciones humanas, al igual que la pérdida de la biodiversidad. La falta de diversidad genética, la desaparición definitiva de muchas especies y de los ecosistemas fue de interés científico sólo cuando el trabajo de académicos, políticos y organizaciones sociales logró infundir conciencia sobre estos procesos. En muchos sitios se ha resentido la pérdida de especies y ecosistemas que representaban una fuente de sustento. Igualmente, algunos productores agrícolas han sufrido los efectos de tener cultivos de baja diversidad genética; un caso es el de los productores de tequila del centro de México. Sin embargo, fuera de estos casos particulares de importancia económica, es difícil dar ejemplos concretos sobre las consecuencias que la pérdida de diversidad a cualquiera de los tres niveles que acabamos de mencionar tiene, o puede tener a futuro, sobre la vida humana.

Hoy es fundamental reconocer que la biodiversidad, además de ser un elemento fundamental de la selección natural, presta servicios ambientales relevantes, entre los que se encuentran la regulación de procesos naturales, la amortiguación de cambios ambientales, el reservorio de biomasa y el sostenimiento de equilibrios locales y globales. La biodiversidad es pieza clave en la autorregulación de los sistemas complejos en los que se da la vida.

Como ejemplo del papel que juegan las especies como reguladores de procesos naturales, basta con citar el trabajo que realizó el ecólogo estadounidense Paine, quien en 1966 estaba estudiando la estructura de una comunidad intermareal de baja biodiversidad. Este sencillo sistema se compone de una cadena trófica que incluye a un carnívoro superior, la estrella marina del género *Pisaster*, y a uno intermedio, el gasterópodo del género *Thais*. Dado que la estrella de mar es un depredador muy voraz, Paine consideró que el reducido número de especies que componen a esta cadena alimenticia podía deberse a su influencia, y para demostrarlo diseñó un sencillo experimento. Apro-

vechando que las especies de las que se alimentaban la estrella de mar y el caracol son sésiles o de muy baja movilidad, instaló barreras físicas que le impedían a la estrella tener acceso a sus presas. Al hacer esto, el número de especies se redujo en vez de aumentar. Este resultado, hoy considerado como clásico en la literatura ecológica, se debe a que la depredación por parte de la estrella de mar regula el tamaño de las poblaciones de sus presas y abate la habilidad competitiva de algunas de ellas, que desplazan completamente a otras en el momento en el que su crecimiento no se ve frenado por la presencia del principal depredador. Resultados inesperados como éste son comunes cuando se estudian procesos ecológicos, pues se trata de sistemas complejos no lineales.

Un segundo ejemplo deriva de la entrada de especies invasoras, que es una de las grandes preocupaciones ambientales contemporáneas. En repetidas ocasiones se ha demostrado lo rápido que se pueden desequilibrar los sistemas ecológicos con sólo permitir que una especie invasora desplace a otra. Ericsson (2006) comenta cómo en Hawaii la entrada de una especie invasora (*Myrica faya*) ha ido desplazando al árbol nativo *Metrosideros polymorpha* y, en consecuencia, se han alterado procesos biogeoquímicos fundamentales, con lo cual han incrementado los niveles del nitrógeno foliar y del contenido de agua del dosel, sin que sea posible predecir qué efectos tendrá esto sobre las especies individuales ni sobre el sistema como un todo. Este ejemplo es sólo uno del amplio repertorio de sorpresas ambientales que se han registrado (Gunderson 1999), aunque reconocerlas no implica que se haya logrado detenerlas.

Los ejemplos de casos en los que las especies invasoras han alterado sistemas de valor económico son muy abundantes, y no es posible detenerse aquí tanto como sería necesario para analizarlos. Entre los ejemplos recientes se encuentran la entrada del barrenador *Plecostomus sp* a los cuerpos de agua mexicanos, que ha alterado seriamente a las pesquerías (Salvador Contreras, comentario personal), y la muy probable entrada de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) a México, donde tendría un efecto devastador sobre los nopales mexicanos que, además de ser de gran importancia ecológica, tienen un gran valor económico en amplias zonas del país a nivel ecosistémico (CONABIO 2006).

La pérdida de ecosistemas es una realidad de nuestros tiempos, y se da tanto a nivel local como regional; además, hay ecosistemas que

Al desaparecer un ecosistema se pierden no sólo todos sus componentes sino también la totalidad de los servicios ambientales que presta.

¿Por qué importa la biodiversidad?

se encuentran en riesgo globalmente. Al desaparecer un ecosistema se pierden no sólo todos sus componentes sino también la totalidad de los servicios ambientales que presta. Así, con la pérdida de un ecosistema se pierden también la captación, la purificación y el almacenamiento del agua en cuerpos subterráneos (acuíferos), la regulación y el amortiguamiento de oscilaciones climáticas, la acumulación de biomasa, y el suelo y el hábitat de todas las especies ahí presentes, así como todos aquellos elementos de valor económico y cultural, presentes y potenciales, que pudiera albergar.

Estos ejemplos nos dejan ver que el origen de la biodiversidad y los procesos en los que descansa se dan a diferentes niveles de complejidad y a diferentes escalas espacio-temporales (Risser 1995, Templeton y Hobbes 2004). Es muy improbable que tengamos a la mano todo el conocimiento necesario para prever el efecto que la pérdida de una o varias especies, o de uno o varios ecosistemas, pueda tener sobre el funcionamiento de los sistemas naturales y, a gran escala, sobre la biosfera.

La Convención de Diversidad Biológica (2003) reconoce que la biodiversidad subyace a todos los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas y que son cruciales para el bienestar humano; esta aseveración es realmente difícil de rebatir aun cuando no conozcamos todos los detalles ecológicos que la hacen una realidad incontestable.

PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

En sus raíces, todas las cosas se toman de las manos.

Cuando un árbol cae en el bosque, una estrella cae del cielo.

(Chan K'in, indígena lacandón)

El sustento humano actual descansa pesadamente en alrededor de 22 especies, muchas de las cuales han perdido notablemente su diversidad genética a partir de los procesos de domesticación y selección artificial.

La valoración de la biodiversidad y de los procesos que subyacen a ella ha ido modificándose a lo largo del tiempo. Lamentablemente no podemos analizar tal devenir en este texto, pero podemos afirmar que se trata de un proceso cultural que debemos tener presente si queremos entender cómo y porqué en muchos sectores sociales la importancia de la biodiversidad está siendo ignorada, e incluso por qué es despreciada por un grupo de gente muy significativo no sólo por ser numeroso sino, sobre todo, por el papel que juega en la toma de decisiones y en el ejercicio del poder. Son muchos los elementos que intervienen en este proceso, pero quisiera resaltar únicamente el decrecimiento de las especies con las que las personas que habitan las ciudades en nuestros

días tienen contacto. Wilson (1993, 2001) hace hincapié en que el sustento humano actual descansa pesadamente en alrededor de 22 especies, muchas de las cuales han perdido notablemente su diversidad genética a partir de los procesos de domesticación y selección artificial. La dependencia directa que como especie tenemos de los ecosistemas y de los procesos ecosistémicos es percibida de una manera muy diferente de la que tenían nuestros ancestros nómadas e incluso de la de quienes habitan actualmente zonas no urbanas. Valdría la pena reflexionar cómo es que esta percepción está cada vez más diluida a pesar del avance de la ecología y de las ciencias ambientales que nos han permitido comprender al menos medianamente la importancia que tienen los procesos ecológicos en los sistemas de mantenimiento de la vida. La divulgación de estos conocimientos debería ser una preocupación absolutamente prioritaria para científicos y ambientalistas, a pesar de que los métodos de evaluación del trabajo científico sigan siendo impermeables a este tipo de actividad.

A lo largo del tiempo geológico muchas especies han aparecido y se han extinguido, y ha habido periodos de extinciones masivas causadas por procesos naturales. La desaparición de los grandes reptiles a finales del Cretácico, que probablemente se debió a un cambio climático originado por el polvo que se acumuló en la atmósfera después del impacto de un enorme meteorito, es uno de los ejemplos más conocidos. Pero no el único.

Sin embargo, la tasa actual de extinción de especies y de ecosistemas (aunque no se conoce con precisión porque es probable que el proceso esté afectando a especies que no han sido identificadas) no parece tener precedente en la historia de la Tierra; aunque sí parece tender a un punto en el que la especie humana, motor del proceso, vería su sobrevivencia comprometida.

Entre las causas de la pérdida de especies en nuestros tiempos se encuentran la pérdida y fragmentación de los hábitats y de los ecosistemas, la sobreexplotación de las poblaciones de algunas especies, la introducción de especies y enfermedades, la contaminación del aire, el agua y el suelo, la reducción en la adecuación de los organismos y el cambio climático. Nos centraremos en este último proceso, que se da a nivel global, y se expresa a diferentes escalas que pueden ir desde una región en particular hasta el nivel planetario.

Las causas del cambio climático son todas antropogénicas y están relacionadas con el incremento de la temperatura a nivel planetario a

Entre las causas de la pérdida de especies en nuestros tiempos se encuentran la pérdida y fragmentación de los hábitats y de los ecosistemas, la sobreexplotación de las poblaciones de algunas especies, la introducción de especies y enfermedades, la contaminación del aire, el agua y el suelo, la reducción en la adecuación de los organismos y el cambio climático.

causa de la acumulación de gases de efecto invernadero. Cabe insistir aquí que el efecto invernadero es un proceso natural asociado con la atmósfera que envuelve a la Tierra, la cual no permite que las ondas de alta frecuencia la atraviesen después de reflejarse en la superficie terrestre. Este efecto hace posible una temperatura en la que la vida puede desarrollarse. De no existir el efecto invernadero, la Tierra sería inhabitablemente fría (Margulis y Lovelock 1989). Sin embargo, la liberación continua de gases de efecto invernadero como el metano y el bióxido de carbono derivados de actividades humanas (entre las que se encuentran las agrícolas, las ganaderas y las industriales) ha llevado a que la temperatura vaya incrementando progresivamente. Muchos autores han predicho que el incremento de uno o dos grados centígrados en la temperatura promedio tendría fuertes efectos sobre el planeta, tales como un cambio en el régimen de lluvias o la reducción en el volumen de los glaciares, que a su vez ocasionaría un incremento en el nivel del mar y la pérdida de muchas especies cuyos rangos fisiológicos no les permitieran adaptarse a las nuevas condiciones. En caso de que las especies afectadas fueran justamente las especies clave (Holling 1992), o bien un grupo de especies redundantes (Holling 1992; Risser 1995; Folke *et al.* 1996), el efecto sobre la estructura de los ecosistemas podría ser de grandes alcances. En este sentido es fundamental recordar que el papel de las especies en el ensamblaje de las comunidades naturales y de los ecosistemas depende de muchos factores y es variable a lo largo del tiempo, lo cual incrementa y hace más impredecible el riesgo y su magnitud.

Según el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) (2002), actualmente ya se observan cambios en el clima asociados con actividades antropogénicas, que afectan o pueden llegar a afectar a la biodiversidad. Algunos de ellos se enumeran a continuación:

- Cambio en las concentraciones de gases de efecto invernadero, en particular de bióxido de carbono y metano.
- Cambios en la temperatura de la superficie de la Tierra y en la precipitación.
- Probables incrementos de hasta 5–10% en la precipitación en las latitudes medias y altas del hemisferio Norte.
- Decremento de la superficie cubierta de nieve y de hielo pluvial y marino, así como de los glaciares.

- Incremento del nivel del mar.
- Episodios más frecuentes intensos y persistentes de fenómenos como las oscilaciones de *El Niño*.
- Probables cambios en fenómenos climáticos naturales, que tienen efectos catastróficos sobre las vidas y las actividades humanas.

Entre las respuestas a los cambios climáticos se encuentran los desfases de los ciclos fenológicos tanto de plantas como de animales, que pueden ser considerados como una adaptación si se ven especie por especie, pero que pueden representar un severo problema de disponibilidad de recursos para otras especies que estén asociadas a ellas y que no muestren estas variaciones temporales.

Una respuesta muy común a los cambios climáticos en el tiempo geológico es el desplazamiento espacial de las poblaciones; se espera que en el escenario actual también suceda. Sin embargo, en repetidas ocasiones las restricciones biogeográficas que resultan de la fragmentación y destrucción de los hábitats naturales representarán barreras geográficas y físicas para este tipo de procesos.

Se prevé que un tercer efecto del cambio climático sobre los diferentes niveles de complejidad ecológica sea el desequilibrio poblacional reiterado, con la consecuente presencia de plagas y enfermedades en los sistemas naturales, cuyos efectos pueden llegar a ser devastadores. Se cuenta con reportes para 143 especies que ya han mostrado cambios fenológicos y morfológicos, así como cambios en sus rangos de abundancia, coincidentes con lo previsto por los modelos de respuestas fisiológicas al cambio climático (Joachim 2006). Además, muchos de los comportamientos poblacionales representan un riesgo para la salud humana, pues conllevan una expansión en el rango de distribución y un incremento en el número de individuos transmisores de enfermedades, como es el caso de los mosquitos que son vectores del dengue y la malaria (Global Warming 2006).

Peters y Lovejoy (1992), entre otros, identifican al cambio climático como uno de los mayores riesgos que amenazan a la biodiversidad. La probabilidad de pérdida de biodiversidad a consecuencia del cambio climático en las diferentes regiones terrestres se muestra en la figura 1. La historia biológica cuenta con numerosos ejemplos que permiten reconocer diversos mecanismos de adaptación que han permitido a muchas especies sobrevivir en escenarios de cambios climáticos debidos a causas naturales; las respuestas incluyen desde modificaciones a

Se prevé que un efecto del cambio climático sobre los diferentes niveles de complejidad ecológica será el desequilibrio poblacional reiterado, con la consecuente presencia de plagas y enfermedades en los sistemas naturales.

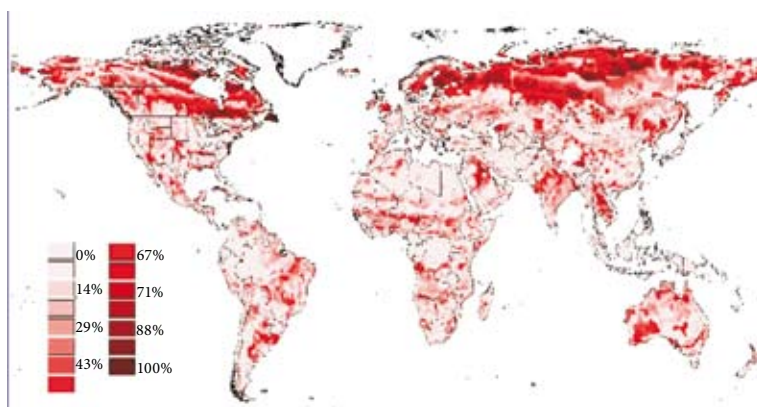
lo largo de varias generaciones en las tasas metabólicas hasta el cambio en los límites de distribución de las especies e incluso de los ecosistemas. También, como hemos mencionado, se cuenta con registros que permiten por un lado reconocer la extinción de algunas especies y por el otro identificar procesos de cambio tan drásticos que han llevado a una reestructuración de la vida en la Tierra, como la extinción de los grandes reptiles y el inicio del dominio de los mamíferos.

Sin embargo, como hemos dicho, la tasa de extinción de especies que presenciamos hoy en día no tiene antecedentes en la historia natural de la Tierra; además es resultado de procesos entre los que se establecen sinergias poco comprendidas. En particular, los efectos del cambio climático aumentan porque se dan sobre ecosistemas degradados, fragmentados, invadidos por especies exóticas o francamente destruidos. Así, tales cambios ocurren en un escenario altamente comprometedor para la biodiversidad a todo nivel (Noss 2001).

La importancia de las escalas temporales y espaciales en las que se pueden dar los efectos del cambio climático está estrechamente vinculada con los riesgos que tales efectos representan y también con las medidas de mitigación y adaptación que se pueden construir e implementar. Las especies y los sistemas ecológicos complejos (como las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas) requieren de un cierto tiempo para que se produzcan los cambios que percibimos como adaptaciones. Si la intensidad de las fuerzas selectivas novedosas de-

Los efectos del cambio climático aumentan porque se dan sobre ecosistemas degradados, fragmentados, invadidos por especies exóticas o francamente destruidos.

FIGURA 1. TASAS PROBABLES DE PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD POR EL CAMBIO CLIMÁTICO



rivadas del cambio climático es demasiado grande, o se prolonga por demasiado tiempo, cabe la posibilidad de que su efecto no permita este margen y que, en vez de adaptaciones, se produzcan extinciones de especies individuales o de conjuntos de especies y, eventualmente, la desaparición de los otros niveles de complejidad, especialmente del ecosistémico.

Seguramente no habrá recetas universales y mágicas para enfrentar una situación de la magnitud del cambio climático ni para mitigar los efectos que resulten adversos a las sociedades humanas (así como no hay ni habrá respuestas homogéneas entre los sistemas naturales). Los ecosistemas boreales muestran actualmente evidencias palpables de los efectos del cambio climático (IPCC 2002), como el incremento en la temperatura promedio y la reducción en el volumen de los glaciares. Se espera que algunos ecosistemas forestales se vean más afectados que otros, tanto por su fragilidad biológica (arrecifes coralinos, bosques mesófilos, ecosistemas árticos) (IPCC 2002; CONABIO 2006) como por el prolongado manejo humano al que han estado sometidos (bosques de coníferas) (Noss 2002).

La respuesta de las especies al cambio climático depende en mucho de las características propias de cada una de ellas, sobre todo de su plasticidad adaptativa, pero puede verse limitada por el deterioro de los ecosistemas debido a otras causas. La fragmentación de los hábitats, por ejemplo, puede limitar la dispersión o migración de especies hacia ambientes que aún les son adecuados. Otra limitación puede derivar de una respuesta insuficiente de una especie a la cual, de una u otra forma, están ligadas otras, cuyo destino se ve así comprometido. En todo caso, dado que los cambios climáticos y sus efectos se dan a distintas escalas, anidadas entre sí, para poder encontrar medidas de mitigación deberán ser evaluados también en éstas.

... cabe la posibilidad de que en vez de adaptaciones se produzcan extinciones de especies individuales o de conjuntos de especies y, eventualmente, la desaparición del nivel ecosistémico.

PARADIGMAS, GATOPARDOS Y REINAS ROJAS

Hay que cambiar todo para que todo quede igual.
(di Lampedusa 1960)

El escenario planteado por el cambio climático no es por completo novedoso; no es la primera vez que se presenta a nivel planetario ni que afecta a una población humana. Una de las hipótesis del colapso de Teotihuacan parte de que hubo un cambio climático relativamente

moderado que llevó a la acidificación de la zona, en la que los ecosistemas circundantes estaban ya muy degradados por la sobreexplotación humana de los recursos (Ezcurra 1998). Sin embargo, el actual cambio climático no sólo está siendo inducido, o cuando menos acelerado, por las actividades humanas, sino que además se le está documentando conforme avanza. Es decir, se tiene información suficiente para percibirlo, para monitorearlo y para tomar las medidas necesarias –al menos algunas– que permitan mitigar sus efectos. En el caso de la biodiversidad, las herramientas para prevenir los riesgos que ésta enfrenta (y que se originan de forma importante pero no única en el cambio climático) provienen al menos parcialmente de la ecología científica.

Nuestra percepción común de los diferentes niveles de complejidad nos hace creer que las poblaciones, las comunidades y, sobre todo, los ecosistemas, son estables y que se encuentran en un estado estático de equilibrio hacia el cual tienden procesos naturales como la sucesión y la regeneración. En buena medida, esta idea deriva de nuestra percepción paisajística, pues cuando contemplamos un bosque no vemos de forma inmediata los procesos que subyacen a la aparente estabilidad. De hecho, la primera noción de *equilibrio ecológico* –el paradigma clásico– fue determinista y concibió un solo punto de equilibrio posible para los ecosistemas y las comunidades que los conforman. La sucesión, i.e. el proceso natural de sustitución de unas especies por otras durante la colonización primaria o secundaria de un espacio físico, se concibió deterministamente como un proceso que tenía un solo fin, correspondiente justamente al punto de equilibrio.

Los estudios de Pimm (1984), entre otros, han sugerido que lo que reconocemos como puntos o estados de equilibrio están determinados por procesos demográficos y sinecológicos muy dinámicos. Los sistemas naturales pueden estar regidos por fuerzas estocásticas y también pueden presentar diferentes puntos de estabilidad conocidos como estados estables alternativos (Temperton y Hobbes 2004). Por ello, es posible decir que están regidos por un proceso parecido a la máxima de *El Gatopardo*, aquel personaje creado por el conde de Lampedusa que dijo que hay que cambiar todo para que todo quede igual. Es casi inevitable el símil entre la dinámica de los ecosistemas y la actitud de la Reina Roja de *Alicia en el país de las maravillas*, quien corre a todos lados para quedarse en el mismo sitio. La tabla 1 muestra las principales diferencias entre la concepción de los paradigmas clásico y contemporáneo del equilibrio ecológico.

Es casi inevitable el símil entre la dinámica de los ecosistemas y la actitud de la Reina Roja de *Alicia en el país de las maravillas*, quien corre a todos lados para quedarse en el mismo sitio.

Tabla 1. COMPARACIÓN DE LOS POSTULADOS DE LOS PARADIGMAS CLÁSICO Y CONTEMPORÁNEO DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO

Clásico	Contemporáneo
Un solo estado estable	Más de un estado estable
Sistemas cerrados	Sistemas abiertos, sujetos a cambios naturales o antropogénicos
Equilibrio de la naturaleza	Flujo de la naturaleza
Toda unidad es conservable	Los procesos son la unidad de conservación
Conservación sin humanos	Conservación con humanos

Cambio global y biodiversidad

La percepción del paradigma contemporáneo del equilibrio encierra una gran cantidad de posibilidades en el diseño de medidas de protección y conservación de la biodiversidad, en particular a nivel ecosistémico. El margen de variación que una estabilidad dinámica y no estática proporciona a los ecosistemas puede representar una herramienta extremadamente útil para su evaluación y manejo si se le vincula a la magnitud de los cambios previstos por los escenarios desarrollados por los especialistas, y debería al mismo tiempo ayudar a redefinir los planes de manejo y las estrategias de uso de los recursos de acuerdo a los márgenes que los propios ecosistemas marcan. Un enfoque así es necesario (aunque no suficiente) si se quieren definir estrategias de sustentabilidad que incluyan a la conservación de la biodiversidad, en sus tres niveles, ante los diferentes escenarios abiertos por el cambio climático (Folke y col. 1996).

Un segundo grupo de procesos biológicos que pueden servir como base para encontrar medidas de prevención, mitigación y adaptación a los grandes cambios incluyen a la resistencia y a la resiliencia, esquematizadas en la figura 2. La primera se refiere a la intensidad de las fuerzas de cambio que son necesarias para alterar el estado en el que se encuentra un ecosistema, mientras que la segunda se refiere a la posibilidad de que vuelva al estadio original.

La resiliencia puede permitir un paso directo “de regreso”, por así decirlo, al estado original, o bien hacerlo a través de algún tipo de

FIGURA 2. CUANDO SE REBASA LA RESISTENCIA DE UN SISTEMA ECOLÓGICO (1) POR MEDIO DE UN DISTURBIO, LA PERTURBACIÓN RESULTANTE PUEDE LLEVAR A LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA ORIGINAL (2), A LA PÉRDIDA DEL SISTEMA, O, DEBIDO A SU RESILIENCIA, PUEDE REGRESAR DIRECTA O INDIRECTAMENTE (3) AL ESTADO INICIAL, O DIRIGIRLO A UN ESTADO ALTERNATIVO NO EQUIVALENTE AL INICIAL (4)



estadio intermedio. Cuando la resiliencia del sistema no es suficiente en relación a la intensidad, se llega a un estadio diferente, que implica la pérdida del sistema original. La resiliencia es, pues, una fuerza amortiguadora de la perturbación (Folke y col. 1996). El concepto de resiliencia se origina en la ecología más académica (Holling 1973), ocupada del estudio de los procesos de los ecosistemas, pero posteriormente se adopta en una visión que incorpora a las actividades humanas dentro de los procesos ecosistémicos e incluso en los ámbitos sociales (Gunderson y Folke 2005). La concepción misma de la resiliencia está estrechamente vinculada con la visión de equilibrio (paradigma clásico/paradigma contemporáneo). Cuando la visión predominante del equilibrio es la clásica, la resiliencia puede definirse como la capacidad de recuperar el equilibrio después de una perturbación, mientras que si se conciben diferentes dominios estables, i.e., diferentes puntos de equilibrio para un solo sistema, la resiliencia se define como la magnitud de cambio que puede absorber un sistema antes de redefinir su estructura y encontrar un nuevo punto de equilibrio (Gunderson y Folke 2005).

La resiliencia puede y debe ser un elemento fundamental de la eva-

La resiliencia se define como la magnitud de cambio que puede absorber un sistema antes de redefinir su estructura y encontrar un nuevo punto de equilibrio.

luación y el manejo adaptativo de los ecosistemas ante el escenario de cambio global, y para ello es necesario la identificación y el adecuado manejo de los componentes de las diferentes partes en juego. Es necesario insistir en que entre los componentes biológicos se encuentra la biodiversidad, cuya pérdida implica siempre una disminución de la resiliencia (Folke y col. 1996), pues la aparente redundancia de las especies en términos de los diferentes papeles que juegan en los ecosistemas garantiza que estas funciones se cumplan aún ante condiciones desfavorables para una o varias de las especies involucradas. Tal es la *biodiversidad funcional* que mencionamos hace unos párrafos; desde esta óptica la biodiversidad resulta una garantía para el mantenimiento de la resiliencia, que a su vez garantiza la persistencia de los ecosistemas de cuyos servicios dependen las sociedades humanas (Collins y Benning 1996; Folke y col. 1996).

¿POR QUÉ LA BIODIVERSIDAD NO ESTÁ EN TODAS LAS AGENDAS?

No importa qué tan de vanguardia sean nuestras ciencias y tecnologías, ni que tan avanzada sea nuestra cultura y sofisticados nuestros auxiliares robóticos, Homo sapiens seguirá siendo, en 2100, una especie relativamente inalterada en sentido biológico. En ello yace nuestra fortaleza y nuestra debilidad. (Wilson 2001)

Las campañas de conservación de la biodiversidad, así como muchas medidas legislativas (vgr., el *Endangered Species Act* que regula la protección de especies en peligro en Estados Unidos), con frecuencia se centran en la diversidad específica. Hay especies emblemáticas que “tocan el corazón” de una parte –generalmente pequeña– de la sociedad, como los pandas, las tortugas marinas y las ballenas. Para ellas ha habido algunas campañas mercadotécnicas y de educación ambiental que han permitido la puesta en marcha de programas exitosos de recuperación de especies en peligro y de protección para sus poblaciones. Sin embargo, son pocas las especies que gozan del poder de seducir a grupos sociales o a ciudadanos en general. Hay una carga moral que asigna valores sociales a procesos naturales que no pueden ser denominados “buenos” ni “malos”, y esto se extiende a las especies. Siempre será más fácil promover la conservación de las mariposas que de los escarabajos o los gusanos, con lo que sólo resulta obvia la

Siempre será más fácil promover la conservación de las mariposas que de los escarabajos o los gusanos, con lo que sólo resulta obvia la necesidad de implementar campañas educativas que pongan énfasis en que la biodiversidad es la expresión de complejos procesos de los cuales es resultado y parte fundamental.

¿Por qué la
biodiversidad
no está en todas
las agendas?

Los procesos
ecológicos
involucrados
en la pérdida de
la biodiversidad
son complejos y
poco conocidos
inclusive por
los expertos;
por su parte,
los tomadores
de decisiones
y el público
en general
tienen poco acceso
a la información
especializada.

necesidad de implementar campañas educativas que pongan énfasis en que la biodiversidad es la expresión de complejos procesos de los cuales es resultado y parte fundamental.

En algunos casos, la recuperación de las poblaciones ha tenido buenos resultados a través de la participación de todos los involucrados; pero en otros, los esfuerzos han sido vanos ya sea por falta de conocimiento sobre la ecología de las especies y de sus procesos críticos, o por dificultades de muy diversa índole, entre las que se encuentra la falta de participación de sectores sociales que son clave para llevar a buen puerto las políticas específicas. Los responsables de las políticas públicas con frecuencia no alcanzan a hacer lo suficiente para conservar la biodiversidad; al parecer se enfrentan a problemas más urgentes y a una agenda ambiental de perfil relativamente bajo; o bien simple y sencillamente carecen de los recursos económicos y humanos así como de la infraestructura necesaria para lograr esa conservación. Adicionalmente, los procesos ecológicos involucrados en la pérdida de la biodiversidad son complejos y poco conocidos, inclusive los expertos; por su parte, los tomadores de decisiones y el público en general tienen poco acceso a la información especializada.

Quizá una de las causas más profundas de la falta de resultados suficientes por parte del sector público en todo el mundo es que aún no se logra que los temas ambientales, como la biodiversidad y el cambio climático, sean parte de una agenda transversal de gobierno, i.e., que estén incorporados en las decisiones educativas, de salud pública y económicas, entre otras. Aunque es difícil, y en muchos sentidos incluso inaceptable, ponerle precio a los servicios ambientales que posibilitan y sostienen la existencia humana, hay que reconocer que, en un mundo que se rige en términos de *ganancias*, el que no se reconozca un valor económico a la biodiversidad en general ni a la mayoría de las especies silvestres es una desventaja para la protección y conservación de éstas.

Al no poder contabilizarse como productora de riquezas económicas, la conservación de la biodiversidad y de los procesos ecológicos que ésta define, así como de los servicios que presta a las sociedades humanas, se ven muy comprometidos; eso lo demuestra el reconocido decremento del número de especies y la dificultad para detenerlo a pesar de la gran cantidad de esfuerzos internacionales, globales y locales emprendidos por sectores académicos, gubernamentales y sociales. Sin embargo, hoy día es imposible no incluir a la pérdida

de biodiversidad como uno de los grandes pendientes que debemos resolver en aras de la sobrevivencia de nuestras sociedades e incluso de nuestra propia especie.

Son muchas las medidas que habría que tomar concertadamente. Una de ellas, que resulta tentadora en muchos ámbitos, es la generación de un cuerpo de leyes suficientemente versátil y a la vez firme, que penalice las acciones que atenten directa o indirectamente contra la biodiversidad. Así, por ejemplo, quienes por sus actividades liberen una cierta cantidad de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático, tendrían que enfrentar algunas consecuencias legales de la misma manera que ya sucede con quienes trafican con especies en peligro de extinción que cuentan con protección legal. Esto no es una novedad, pero las iniciativas que se han tomado al respecto aún distan mucho de ser realmente funcionales. En algunos casos, las leyes de este tipo han tenido resultados contradictorios y opuestos a aquello para lo que fueron diseñadas. Orians (1995) augura, con justa razón, un éxito limitado a las legislaciones que no disparen respuestas sociales de largo plazo que se traduzcan en un cambio de conducta de los diferentes grupos ante cada una de las especies y ante el conjunto de especies como un todo. Otra de las ideas recurrentes, muy acorde con el peso relativo que tiene el dinero en nuestros días, se relaciona con el precio que se puede atribuir a las especies, a los ecosistemas y a los servicios ambientales. Probablemente la diversidad genética será pronto valorada de la misma manera. Sin embargo, los procesos ecológicos y los elementos que los determinan, como la biodiversidad, no se negocian en los mercados, por lo que es necesario continuar buscando instrumentos económicos con la versatilidad y la precisión suficientes como para no generar incentivos perversos y realmente contribuir a la conservación de la naturaleza.

La noción que de la biodiversidad tienen las diferentes sociedades y las partes que las componen es muy variada y probablemente sea poco específica. La mezcla de términos, la falta de conocimiento científico sobre la interacción de la biodiversidad con los diferentes procesos que se dan a distintas escalas, y la insuficiencia de las campañas educativas como motores de cambio de las costumbres de las sociedades plantean un problema real para el diseño y la implementación de medidas de protección de la biodiversidad. Sin embargo, en el escenario de extinciones masivas y precipitadas que tiene como marco de referencia el cambio climático, las medidas de mitigación y de adaptación tendrán que tomar necesariamente en cuenta el papel que juegan las especies

Cambio global y biodiversidad

En algunos casos, las leyes han tenido resultados contradictorios y opuestos a aquello para lo que fueron diseñadas. Es necesario continuar buscando instrumentos económicos con la versatilidad y la precisión suficientes como para no generar incentivos perversos y realmente contribuir a la conservación de la naturaleza.

*¿Por qué la
biodiversidad
no está en todas
las agendas?*

una por una, así como el que juegan los conjuntos de especies en los procesos naturales. Por ello, las campañas educativas tendientes a que todo mundo tenga acceso a estos conceptos y a modificar hábitos y costumbres son una necesidad impostergable.

Probablemente sean muchas las cosas que cada persona pueda hacer, individualmente, para cuidar la biodiversidad; pero es evidente que por el momento la acción personal no está siendo suficiente. El cuidado de la biodiversidad no se refiere, por ejemplo, a la posesión de una mascota; se refiere mucho más al adecuado manejo de procesos y hábitats, y a ello cualquier ciudadano puede contribuir sin demasiado esfuerzo, por ejemplo no designando a las especies como “buenas” o “lindas” por su aspecto seductor; entendiendo que aún las que pudieran resultar repelentes o aterradoras para muchas personas juegan un papel ecológico relevante, y, finalmente, confiando en esta verdad aún cuando por el momento no se tenga suficiente conocimiento para definirla con precisión. Las personas contribuimos frecuentemente de manera involuntaria a la fragmentación de los hábitats naturales al adquirir casas edificadas en zonas cuya urbanización se hace a costa de áreas naturales o al usar mal el agua y agotarla, privando de ella no sólo a nuestra especie sino también a otras; otro ejemplo es evitar la adquisición de especies animales y vegetales cuyo origen no es claro y cuyos permisos de colecta no son exhibidos permanentemente. La conservación de un recurso global como la biodiversidad requiere de medidas de esta dimensión, pero también de múltiples acciones locales que tienen repercusiones a todos los niveles.

Como sociedad, necesitamos contribuir para detener la tasa de pérdida de biodiversidad y la concomitante pérdida de la integridad de los ecosistemas. Un poder que se ha desaprovechado mucho para la conservación de la naturaleza es el de los consumidores. Si cada persona cambia sus hábitos de consumo ajustándolos a medidas que protejan a las especies y a los ecosistemas, así como a los procesos ecosistémicos, se pueden lograr resultados si no suficientes al menos sí muy importantes. Las medidas de protección para las tortugas marinas serían mucho más exitosas si se lograra realmente que nadie comprara sus huevos: sin compradores no hay quien infrinja las leyes para venderlos. Los consumidores tenemos una gran capacidad para fijar las reglas de los productos que esperamos en el mercado, pero rara vez la aprovechamos.

La educación es una herramienta fundamental para lograr la expresión de los intereses de los consumidores. Una gran contribución a la conservación de la biodiversidad ante el cambio climático o ante

cualquier otra fuerza antropogénica que la ponga en peligro es la difusión del papel que los conjuntos de especies juegan en los ecosistemas. Muchas personas no conocen el valor de la biodiversidad, aún a pesar de que hace cerca de 20 años que las campañas de educación ambiental se reproducen por todas partes. El papel que cada uno de los elementos de un ecosistema juega es con frecuencia oscuro incluso entre los especialistas, pero lo que ya no es cuestionable es que requerimos de las propiedades del conjunto de especies para poder mantener a los ecosistemas en un estado funcional que garantice los servicios ambientales de los cuales depende la vida humana misma. Sin duda, la entrada de poderosas y sobre todo novedosas fuerzas de selección como las que acompañan al cambio climático nos dará muchas sorpresas, y la información robusta, veraz y al alcance de todos es una de las herramientas con las que debemos estar preparados.

BIBLIOGRAFÍA

- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Hughton Mifflin, EE.UU.
- Collins, S.L. y T. L Benning. 1996. Spatial and temporal patterns of functional diversity. En: K. Gaston (ed.). *Biodiversity. A biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford. Pp. 253-282.
- Constanza, R. y H.E. Daly. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology* 1(6): 37-46.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>.
- Convención de Diversidad Biológica. 2003. Climate Change and Biodiversity. Disponible en: <http://biodiv.org/programmes/cross-cutting/climate/interlinkages>
- di Lampedusa, G.T. 1960. *El Gatopardo*. Noguer, España.
- Ericsson, J. En prensa. Técnicas de monitoreo para el manejo de especies invasoras En I. Pisanty y M. Caso (comps.) *Especies, espacios y riesgo. Monitoreo para la conservación de la biodiversidad*. INE, CCA y Unidos para la Conservación, México.
- Erwin, T. L. 1996. Biodiversity at its utmost: Tropical forest beetles. En: M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson y E. O. Wilson (eds.). *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Joseph Henry Press, Washington. Pp 27-40.
- Ezcurra, E. 1998. *De las chinampas a la megalópolis. El medio ambiente en la Cuenca de México*. Fondo de Cultura Económica, México.

Bibliografía

- Folke, C., C.S. Holling y C. Perrings. 1996. Biological diversity, ecosystems and the human scale. *Ecological Applications* 6(4):1018-1024.
- Global warming: early warnings. 2006. Disponible en: www.climatehotmaps.org.
- Gunderson, L. 1999. Resilience, flexibility and adaptive management – antidotes for spurious certitude. *Conservation Ecology* 3(1): 7.
- Gunderson, L. y C. Folke. 2005. Resilience – Now more than ever. *Ecology and society* 10(2): 22.
- Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-23.
- Holling, C. S. 1992. Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs* 62: 447-507
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2002. *Climate Change and Biodiversity*. Technical Paper.
- Joachim, H. (ed.): 2006. *Avoiding Dangerous Climate Change*. 2005. Cambridge University Press.
- Margulis, L. y T. Lovelock. 1989. Gaia and Geognosy. En: M. B. Rambler, L. Margulis y L. Fester (eds.). *Global Ecology. Towards a science of the biosphere*. Academic Press, EE.UU.
- McGurran, A. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, EE.UU.
- Myers, N. 1991. Biological diversity and global security. En: H. Bormann y S. Kellert (eds.). *Ecology, economics, ethics. The Broken Circle*. Yale University Press, Londres. pp. 11-25.
- Myers, N. 1996. Environmental services of biodiversity. *Procedures National Academy of Sciences* 93: 2764-2769.
- Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: Forest Management in a Time of Rapid Climate Change. *Conservation Biology* 15(3): 578-590.
- Orians, G. 1995. Economic growth, the environment, and ethics. *Ecological applications* 6(1): 26-27.
- Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100: 65-75.
- Peters, R.L. y T. E. Lovejoy (eds.). 1992. *Global warming and biological diversity*. Yale University Press, EE.UU.
- Pimm, S. L. 1984 The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321-326.
- Redford, K. y B.D. Richter. 1999. Conservation Biology in a World of Use. *Conservation Biology* 13 (6): 1246-1256.
- Risser, P. 1995. Biodiversity and Ecosystem Function. *Conservation Biology* 9(4): 742-746.

- Temperton, V. y R. J. Hobbes. 2004. The search of ecological assembly rules and its relevance to restoration ecology. En: V. Temperton, R.J. Hobbs, T. Nuttle y S. Halle (eds.). *Assembly rules and restoration ecology*. Island Press, EE.UU. Pp. 34-54.
- Wilson, W. 1993. Biodiversity, prosperity, and value. En H. Bormann y S. Kellert (eds.). *Ecology, economics, ethics. The Broken Circle*. Yale University Press, Londres. Pp. 3-10.
- Wilson, E. 2001. *The Future of Life*. Knopf. Random House, EE.UU.

*Cambio
global y
biodiversidad*