

LLETRES DE BATALLA

¿Qué es la biodiversidad?

Gonzalo Halffter*

Rebut: març 1994

Resum

Què és la biodiversitat?

En aquest article es busca definir què és la diversitat biològica, i també les diferents formes en què es manifesta. S'examinen diversos fenòmens associats a la biodiversitat: la raresa biològica, la relació espècies-àrea i la magnitud de la mateixa biodiversitat.

MOTS CLAU: Biodiversitat, raresa biològica, relació espècies-àrea, magnitud de la diversitat.

Resumen

En este artículo se busca definir qué es la diversidad biológica, así como las distintas formas en que se manifiesta. Se examinan varios fenómenos asociados a la biodiversidad: la rareza biológica, la relación especies-área y la magnitud de la propia diversidad.

PALABRAS CLAVE: Biodiversidad, rareza biológica, relación especies-área, magnitud de la diversidad.

Abstract

What is Biodiversity?

In this article a definition is sought for biological diversity, as well as for the different forms in which it manifests itself. Various phenomena associated with biodiversity are examined. These include biological rareness, the species-area relationship and the magnitude of diversity itself.

KEYWORDS: Biodiversity, biological rareness, species-area relationship, diversity magnitude.

* Instituto de Ecología. Apartado Postal, 63. 91000 Xalapa, Veracruz (Mexico)

Introducción

¿Cuál es la razón para el actual interés, general y súbito, en torno a la biodiversidad? Es una pregunta para la que no tengo una respuesta categórica. Quizá porque las respuestas son muchas. Unas de ellas podría ser que en esta última década del siglo xx la diversidad biológica se ha convertido en el paradigma de lo que tenemos y estamos perdiendo, un símbolo del mundo en que nuestra cultura y concepción del universo ha evolucionado, mundo que está a punto de cambiar de manera irreversible. El hombre, en todas las épocas, ha tenido necesidad de cambio y, al mismo tiempo, miedo al cambio. Esta contradicción es manifiesta en las civilizaciones industriales que preconizaron el uso despiadado del medio natural, y que ahora muestran una inquietud creciente ante la pérdida de la diversidad biológica. Es una posición difícil, que ya es casi imposible imaginar un desarrollo socioeconómico como el actual sin afectar profundamente el medio natural, y de éste el elemento más frágil es la diversidad biológica.

En los últimos meses se están integrando en programas varias posiciones. Una de ellas insiste en la necesidad de conocer la magnitud de la biodiversidad. En la urgencia de los inventarios. En una nueva manifestación de la larga tradición por controlar la naturaleza y sus bienes. En la apología de los inventarios las razones utilitarias — actuales o futuras— están siempre presentes.

Distinta (aunque no contraria, ni menos excluyente) es la búsqueda a través de la investigación científica de elementos que nos permitan entender por qué existe la diversidad biológica. Esta posición trata de establecer nuevas reglas de uso y convivencia entre sociedad y naturaleza, lo que lleva a considerar que también las relaciones entre las distintas sociedades humanas deben cambiar. Dentro de esta posición toma una importan-

cia creciente la crítica implícita o directa a los efectos del actual estilo de desarrollo, y la búsqueda de nuevos modelos.

¿Qué es la biodiversidad?

¿Qué es la diversidad biológica? una respuesta general es sencilla y clara. La biodiversidad es un resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes modos de ser para la vida. Mutación y selección determinan las características y la cantidad de diversidad que existen en un lugar y momento dados. Diferencias a nivel genético, diferencias en las respuestas morfológicas, fisiológicas y etológicas de los fenotipos, diferencias en las formas de desarrollo, en la demografía y en las historias de vida. La diversidad biológica abarca toda la escala de organización de los seres vivos.

OTTO SOLBRIG (1991) dice lo mismo cuando define la diversidad biológica o biodiversidad como la propiedad de las distintas entidades vivas de ser variadas. Así, cada clase de entidad —gene, célula, individuo, comunidad o ecosistema— tiene más de una manifestación.

En un sentido estricto, la diversidad —un concepto derivado de la teoría de sistemas— es simplemente una medida de la heterogeneidad de un sistema. En el caso de los sistemas biológicos, la diversidad se refiere a la heterogeneidad biológica, es decir, a la cantidad y proporción de los diferentes elementos biológicos que contenga el sistema.

El concepto mismo de la biodiversidad y la preocupación por su pérdida son realmente muy recientes. Aunque los naturalistas llevamos más de 250 años describiendo especies, una idea clara sobre la inmensidad del escenario biológico y el gran riesgo en que se encuentra aparece en los muy últimos años. Quizá la eminencia de la pérdida ha llevado a un deseo cada vez mayor por comprender la

amplitud de la heterogeneidad biológica y medirla. El término mismo de biodiversidad fue acuñado por EDWARD WILSON en 1988. El primer libro que según mis conocimientos presenta una revisión global de la diversidad biológica y de los problemas a que se enfrenta es «The Preservation of Species» editado por BRYAN G. NORTON, 1986.

Tipos de diversidad biológica

Los distintos tipos de análisis de la diversidad biológica difieren en la escala a la cual se plantea el estudio. Mucha controversia en la ecología actual deriva de no comprender bien las diferencias entre los distintos niveles de escala. Diferencias en espacio y diferencias en el tiempo. No sólo los enfoques metodológicos son distintos, también lo son las hipótesis. Conclusiones que son válidas para un determinado nivel, no forzosamente lo son para otros. Tratar de trasladar automáticamente los resultados obtenidos en un nivel a otra magnitud, puede llevar a error. En lo que a diversidad respecta las escalas o niveles son esencialmente cuatro.

En su nivel superior, en un contexto biogeográfico, la biodiversidad se mide cuantificando la heterogeneidad de una región dada. La biodiversidad geográfica está determinada por la diversidad de ecosistemas en una región. Este nivel es conocido como diversidad Γ .

A nivel ecológico, la biodiversidad tiene dos expresiones bien definidas en el análisis de comunidades: la diversidad presente en un sitio dado o diversidad α y la heterogeneidad espacial dentro de un ecosistema o diversidad β . La diversidad α es una función de la cantidad de especies presentes en un mismo hábitat, y es el componente de la diversidad más importante (y más comúnmente citado) de las selvas tropicales húmedas y de los arrecifes coralinos, por sólo dar dos de

los ejemplos más conocidos. La diversidad β es una medida del grado de partición del ambiente en parches o mosaicos biológicos, es decir, mide la contigüidad de hábitats diferentes en el espacio.

Finalmente, existe un componente genético, o intraespecífico, de la heterogeneidad biológica. A nivel de una sola especie puede existir mucha o poca variabilidad genética, dada por la cantidad de alelos diferentes que tenga cada gene y los caracteres que estos diferentes alelos codifiquen en el organismo. La diversidad genética depende de la historia evolutiva de la especie, del nivel de endocria de la población, de su aislamiento reproductivo, y de la selección natural a favor y en contra de la heterosis, entre varias otras causas. La diversidad genética, conocida también como variación, es un componente importantísimo de la biodiversidad en conjunto. Sin variación genética la transformación de la especie a través de la selección no es posible.

La biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies (Tabla I), sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas. Las especies se distribuyen según jerarquías de abundancias, desde algunas muy abundantes hasta algunas muy raras. Cuanto mayor el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad. Esto es muy común, por ejemplo, en algunos tipos de vegetación templada como los bosques de pino, donde hasta el 90 % de la biomasa vegetal del ecosistema está formada por sólo una o dos especies, y el 10 % restante por una cantidad grande de plantas de baja abundancia.

Entender el problema de la biodiversidad implica discutir el por qué de la rareza biológica. Por «especies raras» entendemos todas aquellas que se encuentran en números suficientemente bajos como para representar un problema de conservación, y en algunos casos, como para encontrarse amenazadas de

TABLA I. Clasificación de los distintos niveles de la biodiversidad
 Different levels of Biodiversity

	<i>Nivel organización biológica</i>	<i>Segregación espacial</i>	<i>Tipo de biodiversidad</i>
Biodiversidad	Bioma (nivel geográfico)		Biodiversidad Γ
	Comunidad (nivel multiespecífico)	Entre hábitats	Biodiversidad β
		Dentro de hábitats	Biodiversidad α
	Población (nivel genético-demográfico)		Variación y heterosis

extinción. La conservación de la biodiversidad es fundamentalmente un problema vinculado al comportamiento ecológico de las especies raras.

La fragmentación del hábitat, uno de los fenómenos que más amenaza la biodiversidad, no afecta por igual a todas las especies. La rareza y el comportamiento ecológico de una especie nos dan una primera aproximación a como va a resistir las perturbaciones. La mayor capacidad de dispersión, el mayor tamaño de las poblaciones, y la menor restricción geográfica son algunas de las razones que explican por qué las especies marinas resisten mejor que las terrestres los cambios ambientales y la acción del hombre (con la clara excepción de los mamíferos marinos).

En 1986, DÉBORAH RABINOWITZ y colaboradores encontraron que las causas de la rareza ecológica de las especies se dan a varias escalas.

A) **Rareza biogeográfica.** Hay especies que sólo crecen en áreas geográficamente

muy limitadas, por lo que forman endemismos biogeográficos. *Heterotheca thinnicola*, por ejemplo, es una compuesta endémica de las dunas del Gran Desierto de Altar, Sonora, México. Sólo crece en esa región, aunque sus poblaciones muestren densidades altas en los aproximadamente cinco kilómetros cuadrados que conforman su área de distribución (RZEDOWSKI y EZCURRA, 1986). Lo mismo ocurre con la mayor parte de las especies de animales de cuevas, islas, o alta montaña, que sólo ocurren en áreas restringidas, aunque pueden ser abundantes en ellas.

B) **Rareza de hábitat.** Otras especies, en cambio, son muy selectivas en cuanto al hábitat, pero no son endémicas a nivel geográfico. Este grupo está formado por lo que se conoce en ecología como especies «estenoeas» o de hábitat restringido, en contraste con las especies «euriecas» o de distribución amplia. Las plantas de los oasis de los desiertos son un caso característico de este grupo. La hierba del

manso (*Anemopsis californica*, Saururaceae) crece en los manantiales del desierto sonorense (EZCURRA *et al.*, 1988). Aunque su distribución biogeográfica es relativamente amplia, su hábitat es muy específico.

C) **Rareza demográfica.** Finalmente, hay especies que son demográficamente raras, es decir, que presentan densidades bajas en toda el área de distribución, aunque ésta sea amplia y aunque no estén asociadas a hábitats muy restringidos. Un ejemplo notable de este nivel de rareza es la cola de zorra (*Setaria geniculata*) una gramínea que se encuentra a todo lo largo del continente americano, desde California hasta la Patagonia, pero que no crece en densidades altas en ninguna parte (MAY, 1975). La rareza de esta especie no radica ni en su distribución biogeográfica ni en su preferencia de hábitat que son ambas amplias, sino en el hecho de que sus poblaciones son crónicamente raras, y que en ninguna parte llega a ser un componente importante de la comunidad.

Por supuesto, los casos más críticos de rareza son los de aquellas especies que reúnen las tres características: son endémicas a nivel biogeográfico, son muy estenoecas en su preferencia de hábitat, y presentan poblaciones en números bajos. Un ejemplo notable de este grupo es una especie de planta sin clorofila descubierta recientemente en la Selva Lacandona, Chiapas, México (MARTÍNEZ y RAMOS, 1989). *Lacandonia schismatica* (Triulidaceae) reúne el dudoso privilegio de crecer en una área de aproximadamente una hectárea (rareza biogeográfica), asociada a suelos de turberas tropicales (rareza del hábitat) con una bajísima variación genética y en número relativamente bajo (rareza demográfica).

En lo que a conservación respecta, conocer el tipo de rareza es esencial.

La relación Especies-Área

FISHER y posteriormente PRESTON (véase HALFFTER y EZCURRA, 1992) elaboraron modelos que permiten establecer una relación entre una determinada superficie y el número de especies que contiene. Siguiendo estos modelos y conociendo el número de especies y la frecuencia con que están representadas en una serie de muestras, es posible especular sobre el contenido total en especies del área.

La relación teórica entre número de especies y tamaño del área es de capital importancia en problemas de biogeografía y conservación. Este tipo de modelos permite, entre otras cosas, determinar el tamaño que debe tener una reserva para poder cumplir sus funciones de conservación, especular sobre el número de especies que puede contener un área protegida de determinada superficie, o entender la dinámica de extinción de especies en islas y hábitats fragmentados.

El problema de las relaciones especies-área está siendo reavivado por la creciente necesidad de conservar recursos amenazados por las transformaciones a gran escala. Resulta ahora claro que la cantidad de especies que pueden conservarse en una reserva de, digamos, 5 Km² es mucho menor a la que puede conservarse en una reserva aparentemente igual, pero por ejemplo, de 1.000 Km². Existen algunos análisis que muestran claramente como el número de especies (diversidad α) disminuye al reducirse o fragmentarse el área, aunque no se presenten aparentemente otros trastornos. En una parte de Amazonia Central (Manaos) en la selva continua viven 44 especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). En manchones de selvas de 10 Ha. se encuentran 40 especies, número que baja a 38 en manchones de 1 Ha. Hasta aquí la reducción en número de especies se debe únicamente al grado de fragmentación

(siempre reciente) del ecosistema. Pero, cuando el bosque es destruido en claros recientes, el número de especies baja a 4, todas ellas distintas a las que se encuentran en la selva (KLEIN, 1989).

Uno de los trabajos más conocidos vinculado al tema de las relaciones especies-área es el de MACARTHUR y WILSON (1967) sobre la teoría de biogeografía de islas en equilibrio de especies. El número de especies encontrado en una isla ya colonizada es proporcional al área de la misma y sigue el modelo de Preston. Las derivaciones de la teoría de MacArthur y Wilson a la conservación son obvias: cuanto más fragmentado un hábitat más las áreas protegidas funcionarán como islas biológicas en un «océano» de ecosistemas modificados.

Alrededor de la relación especies-área existen problemas de conservación que hace tres décadas no se preveían, pero que ahora resultan primordiales. Por ejemplo la Estación Biológica de Los Tuxtlas, Veracruz, México, un área protegida muy bien cuidada de 700 Has., a largo plazo va a disminuir su riqueza florística al perder parte de sus animales grandes. La pérdida de aves y mamíferos afectan los procesos de dispersión y germinación que dependían de la frugivoría. La desaparición de grandes vertebrados en el sotobosque permite ahora el establecimiento de plántulas dominantes que desplazan al resto de la flora en estado de plántula. Esto no ocurría en presencia de los grandes herbívoros de la selva, ya que el forrajeo preferencial sobre las especies dominantes ayudaba a mantener la biodiversidad de las plántulas del sotobosque, y por lo tanto aseguraba una regeneración de la selva a partir de una flora altamente diversa. Este problema ha sido descrito con el nombre de «defaunación contemporánea» (DIRZO y MIRANDA, 1990, 1991) y es un resultado directo del pequeño tamaño de la reserva, que no permite el mantenimiento de poblaciones de grandes

vertebrados. Por otra parte, al disminuir la extensión del área protegida se hacen más notables los efectos de ecotono, en este caso provocados por los bordes de selva en contacto con cultivos y acahuales (formaciones secundarias en distinto grado de madurez). Algunas especies animales, sobre todo aves, aumentan sus densidades en estos ambientes en mosaico, ya que obtienen hábitats adecuados para la nidificación en la selva y ambientes ricos en recursos alimenticios en los ecosistemas agrícolas. Aunque no se tienen estudios al respecto, podemos especular que el incremento en el número de serpientes nauyacacas (*Bothrops asper*) también podría deberse al efecto de fragmentación y al aumento en la extensión de los ecotonos. Las dimensiones del área protegida (en segundo término la forma) se convierten en el factor fundamental cuando se quiere conservar grandes vertebrados. La protección a largo plazo, especialmente en el caso de grandes depredadores como el puma y el jaguar, plantea problemas difíciles donde la limitación del área obliga a buscar un manejo compensatorio de las poblaciones.

Estudio y medida de la biodiversidad

La escala a la que afrontemos el estudio condiciona de manera definitiva la forma como se mide la biodiversidad. Es por ello que de acuerdo al nivel de la escala se adoptan metodologías distintas, aunque no forzadamente desvinculadas una de otra.

La biodiversidad a escala biogeográfica

La medición de la biodiversidad a escala biogeográfica es quizá uno de los problemas actualmente más urgentes, y al mismo tiempo, uno de los aspectos sobre los que se dis-

pone de menor información. En países como México es muy aproximado lo que sabemos sobre áreas de alta biodiversidad, así como sobre áreas de alto grado de endemismo.

Para el análisis de la biodiversidad a escala geográfica las herramientas actualmente disponibles son realmente excelentes. Existen sistemas de información geográfica y de análisis de imágenes cartográficas que podrían permitir mapear con gran precisión los patrones de biodiversidad, si tuviéramos la información adecuada y disponible para alimentar estos programas. Si se dispusiera de información digitalizada sobre la distribución y la cronología de las especies de diferentes taxa, podrían realizarse mapas de patrones y tendencias biogeográficas de la biodiversidad, representaciones cartográficas de los sitios de alto endemismo y un análisis estadístico de barreras y corredores geográficos.

Biodiversidad en ecosistemas

La biodiversidad a escala de una comunidad depende tanto del número de especies presentes (riqueza específica), como de las abundancias relativas (equitatividad). Estos dos elementos, riqueza específica y equitatividad, son los factores fundamentales que definen la diversidad de una comunidad.

La teoría matemática que trata el estudio de la heterogeneidad en series con varios estados discretos se conoce como «teoría de la información». La teoría de la información ha sido usada en ecología para medir la diversidad biológica. La diversidad, como un valor único que combina riqueza específica y equitatividad ha sido medida a través de una gran cantidad de formas. Las dos más usuales provienen ambas de la teoría de la información y se conocen en ecología como el índice de Simpson y el índice de Shannon-Weaver.

Magnitud de la diversidad de especies

¿Cuántas especies hay? Aunque en el pasado se hicieron cálculos y elucubraciones, la respuesta a esta pregunta no parece haber inquietado mucho a los biólogos hasta que ERWIN (1982) presentó sus estimaciones que elevaban la cifra de especies a 30 millones. Las cantidades que estábamos acostumbrados a manejar eran mucho, pero mucho, más bajas. Erwin provocó una sacudida al poner de relieve cuantos insectos existen, y cuántas de estas especies viven en los bosques tropicales. Nuevos aportes se han producido modificando las estimaciones de Erwin y abriendo nuevos horizontes sobre grupos como las picobacterias y la fauna de las profundidades del océano.

Habría que preguntarse si existe una manera con sólidas bases científicas para estimar el número total de especies. Realmente hay varias, que siguen planteamientos y metodologías distintas, pero complementarias.

La primera consiste en contar todas las especies. Es evidente que esta aproximación sólo se puede aplicar a algunos grupos, como los vertebrados, las plantas con flores y algún grupo de mariposas, y que incluso en estos grupos, en muchas de las regiones tropicales, puede haber un importante elemento desconocido. De todas formas es un método de medir la biodiversidad. En él se basan las estimaciones de megadiversidad por países que tanta difusión han alcanzado en los últimos años.

Otra aproximación, también de base taxonómica, consiste en extrapolar los datos de algunas floras y faunas parcialmente bien conocidas. La principal limitante está en las grandes diferencias de diversidad entre las regiones templadas (las conocidas) y los trópicos.

Una aproximación semejante, aunque no igual, consiste en extrapolar los datos de muestras bien estudiadas. Es esta aproxima-

ción la que ha dado cifras más altas, basadas en algunos puntos de los trópicos intensamente colectados.

La cuarta aproximación está basada en el análisis de modelos ecológicos. Consiste en determinar cuantas especies desempeñan un cierto papel en un ecosistema y de ahí extrapolar al conjunto funcional del ecosistema, y al conjunto de ecosistemas. La principal limitante de esta aproximación es el número de especies aparentemente redundantes que existen en la mayor parte de los ecosistemas.

Queda una última aproximación: preguntar a los taxónomos que trabajan en los distintos grupos sus estimados sobre la riqueza del grupo que conocen. Este método es tan válido y tan exacto como cualquiera de los anteriores. Su limitante está en que para muchos de los grupos (y no de los más pequeños) no hay actualmente taxónomos trabajando.

Pese a las limitaciones evidentes de las distintas aproximaciones, es posible reducir el error si cruzamos los estimados de unas y otras. Uniendo todas las posibles fuentes de información, las últimas estimaciones varían entre 5 y 15 millones de especies (véase una discusión muy actual en STORK 1993).

Muchos conservacionistas y políticos se sorprenden cuando tenemos que presentar estimaciones con un rango de variación tan amplio. Quizá lo que no saben es que nunca como en los últimos años (y en este mismo momento) se ha hecho un esfuerzo tan serio para estimar la magnitud de la biodiversidad biológica.

La mayor parte de las estimaciones de la biodiversidad están estrechamente ligadas a cálculos sobre la tasa de pérdida. También aquí hay cifras diferentes. Pero aún las más bajas son muy alarmantes. Varios autores han señalado que de seguir el ritmo actual de extinción, entre el 25 % y el 50 % de las especies que ahora viven desaparecerán en los próxi-

mos 30 o 50 años (STORK, 1993). Se ha señalado que con los ritmos de extinción ahora presentes (que implican la desaparición de entre 17.500 y 35.000 especies por año) una especie tiene el doble de posibilidades de extinguirse que de ser descrita (HOLLOWAY y STORK, 1991, citado por STORK, 1993).

Ser descrita. Con esto estamos señalando que la mayoría de las especies que actualmente viven en la tierra no son conocidas para la Ciencia. El número total de especies descritas se estima entre 1,4 y 1,8 millones. Cifra importante, pero muy inferior a cualquiera de las estimaciones de número de especies existentes.

El ritmo de descripción de nuevas especies es bajo. Los últimos decenios han visto un abandono del apoyo oficial al trabajo taxonómico. En las propias universidades se han desanimado y descuidado la formación de nuevos especialistas. El alegato ha sido que no hay empleo para ellos. En este momento, el interés por la biodiversidad y su conservación está empezando a cambiar esta situación en varios centros de los Estados Unidos y se vislumbra algún cambio en otros países. Pero pasarán muchos años antes de que podamos contar con una comunidad de taxónomos suficiente para hacer frente al reto que se le plantea. El problema es de número, pero también de calidad. Uno de los limitantes a los que se enfrenta el conocimiento de la diversidad biológica es la elevada proporción de errores taxonómicos. En muchos grupos se estima que el nivel de sinonimia entre las especies ya descritas es de por lo menos el 20 % (STORK, 1993). Así, los entomólogos del Natural History Museum de Londres en el período 1984-1986 describieron un total de 739 especies nuevas de insectos, pero en el mismo lapso sinonimizaron 316.

HAMMOND (1992) señala que entre 1978 y 1987 se describió un promedio de 13.078 especies/año de animales y hongos. Aún considerando la cifra más baja estimada para la

biodiversidad global: 3 millones de especies, se necesitarían de 90 a 120 años para describir todas las especies al ritmo actual. Y describir es sólo una primera etapa en el conocimiento.

Ante esta situación en que confluyen magnitud de la diversidad y pérdida acelerada de la misma, ¿qué estrategia plantear?

Algunos autores (di CASTRI y YOUNÈS, 1990; SOLBRIG, 1991) han señalado que es imposible la descripción de todas las especies existentes. Esta meta se ve hoy mucho más difícil de alcanzar de lo que se suponía en la época de Linneo. Sencillamente sabemos mucho más sobre los grupos que contienen mayor diversidad: los insectos y en especial los Coleoptera, y empezamos a conocer algo los ecosistemas tropicales. El plantear, incluso aceptar, la imposibilidad inmediata de conocer todos los biota, no resta importancia a los estudios taxonómicos. Sí pone de manifiesto la necesidad de buscar estrategias inmediatas que no pueden esperar a que el trabajo taxonómico esté terminado. Sin embargo, resulta evidente que sin un esfuerzo en taxonomía muy superior al presente, ninguna de esas estrategias puede siquiera implementarse, menos tener éxito.

La situación excepcional a que nos enfrentamos deriva de la acción del hombre: el ritmo de extinción excede de lejos al de especiación. Si el mundo pierde entre el 25 % y el 50 % de sus especies en los próximos 100 años, esto quiere decir que cada año se pierden entre 20.000 y 300.000 especies (según el criterio que tomemos para calcular la actual biodiversidad). No existe forma mediante la cual la especiación pueda reemplazarlas en el corto o mediano plazo (siglos o milenios). Los ritmos de extinción son 5 o 6 órdenes de magnitud superiores a las ganancias por especiación. Si la tierra es repoblada después de la presente crisis al mismo ritmo que se recuperó después de la extinción masiva de fines del Cretácico, tomará de 20 a 30 millo-

nes de años alcanzar el número de especies actualmente presentes (SOLBRIG, 1991).

NOTAS

Para este artículo he tomado como modelo general el del mismo título de Halffter y Ezcurra (1992) recientemente aparecido como capítulo del libro «La Diversidad Biológica de Iberoamérica». Sin embargo, una parte de la información y de la discusión es distinta.

Una presentación preliminar de este texto se expuso en forma de conferencia en la Universidad de Barcelona (abril 14-5, 1993), así como en el Curso-Taller sobre Estrategias de Planeación para la Conservación de la Biodiversidad. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. Mayo 17-29 de 1993. Este trabajo forma parte del Proyecto CONACYT Ref. N9107-0239 «Diagnóstico y Conservación de la Biodiversidad en México» (una contribución de México al Subprograma Diversidad Biológica del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED).

Bibliografía

- CASTRI, F. di, & YOUNÈS, T. 1990. Ecosystem function of biological diversity. *Biology International*, Special Issue 22. IUBS. París.
- DIRZO, R. & MIRANDA, A. 1990. Contemporary neotropical defaunation and forest structure, function and diversity. *Conservation Biology*, 4(4): 444-447.
- DIRZO, R. & MIRANDA, A. 1991. Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understorey: A case study of the possible consequences of contemporary defaunation, págs. 273-287. In Price, P.W., Lewinsohn, T.M., Fernandes, G.W. & Benson, W.W. (Editors). *Plant Animal Interaction: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions*. J. Wiley and Sons, Londres.
- ERWIN, T.L. 1982. Tropical forest: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists Bulletin*, 36: 74-75.
- EZCURRA, E., FELGER, R.S., RUSSELL, A.D. & EQUIHUA, M. 1988. Freshwater islands in a desert sand sea: the hydrology, flora and phytogeography of the Gran Desierto oasis of Northwestern Mexico. *Desert Plants*, 9: 35-63.
- HALFFTER, G. & EZCURRA, E. 1992. ¿Qué es la biodiversidad? págs. 3-24. In G. Halffter (Editor). *La Diversidad Biológica de Iberoamérica*, I. Instituto de Ecología, Xalapa, México.
- HAMMOND, P.M. 1992. Species inventory. In B. Groombridge (Editor). *Global Diversity. Status of the Earth's Living Resources*. World Conservation Monitoring Centre. Chapman y Hall, Londres.

- KLEIN, B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology*, 70(6): 1715-1725.
- MACARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- MARTINEZ, E. & RAMOS, C.H. 1989. Lacandoniaceae (Triuridales): una nueva familia de México. *Ann. Miss. Botanical Garden*. 76: 128-135.
- MAY, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity, págs. 81-120. In M.L. Cody y J.M. Diamond (Editors). *Ecology and Evolution of Communities*. Belknap Press, Harvard, Massachusetts.
- NORTON, B.G. (Editor). 1986. *The Preservation of Species: The Value of Biological Diversity*. 305 pp. Princeton University Press.
- RABINOWITZ, D., CAIRNS, S. & DILLON, T. 1986. Seven kinds of rarity, págs. 182-204. In M.E. Soulé (Editor). *Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- RZEDOWSKI, J. & EZCURRA, E. 1986. Una nueva especie de *Haplopappus* (Compositae) de las dunas del noroeste de Sonora. *Ciencia Interamericana*, 26: 16-18.
- SOLBRIG, O.T. 1991. *Biodiversity. Scientific Issues and Collaborative Research Proposals*. MAB Digest 9, 77 pp. UNESCO, Paris.
- STORK, N.E. 1993. How many species are there? *Biodiversity and Conservation*. 2(3): 215-232.
- WILSON, E.O. & PETERS, F.M. (Editors). 1988. *Biodiversity*. 521 pp. National Academy Press, Washington, D.C.