

La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿qué sabemos?*

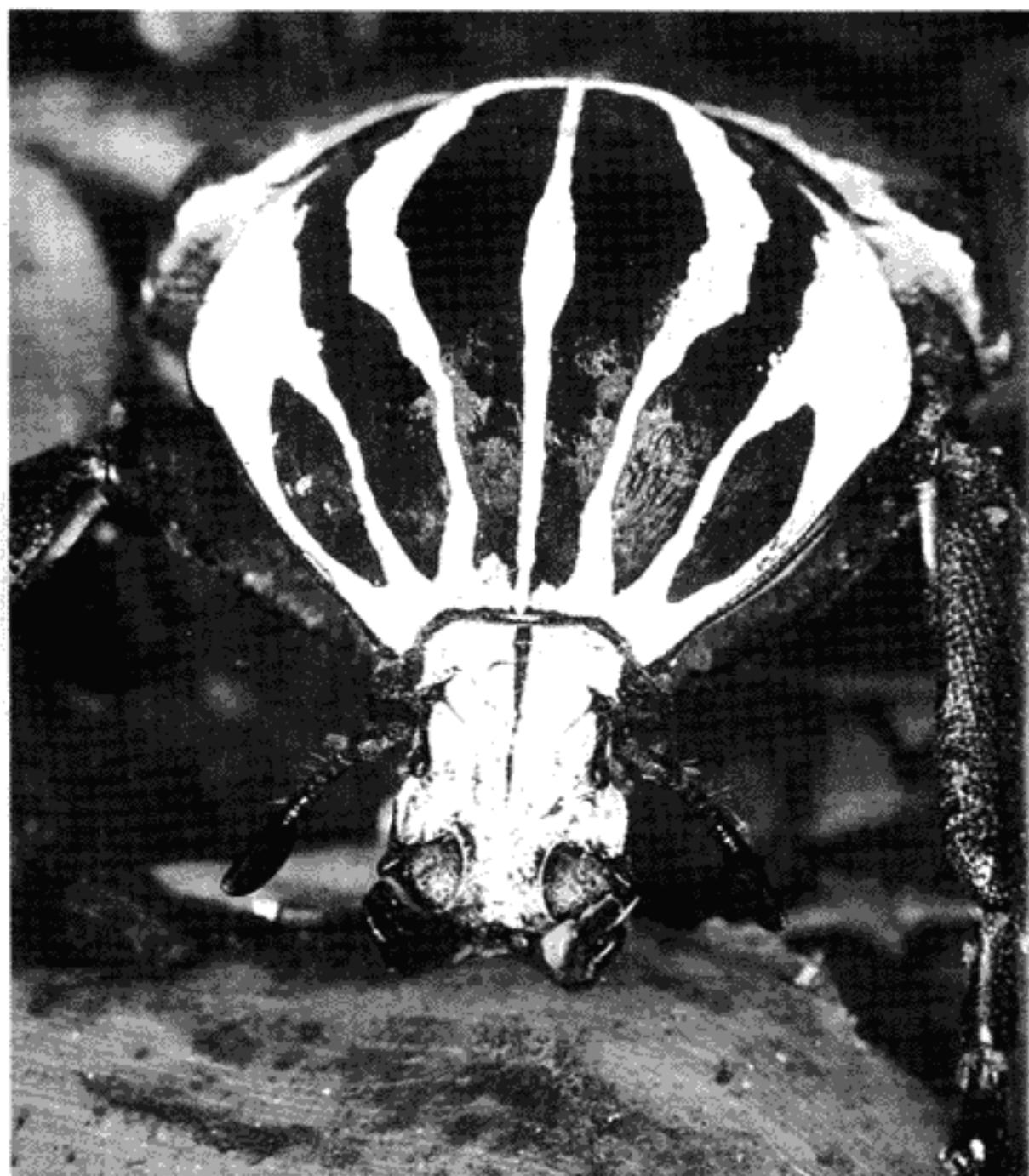
RODOLFO DIRZO**

INTRODUCCIÓN

Ecología, ambiente, ecocrisis y otra serie de vocablos relacionados, son términos adoptados hoy en día por una gama de individuos de *Homo sapiens* enfrascados en actividades tan variadas como la política, el comercio, la docencia, el ecologismo o la ecología (estas dos últimas, parafraseando al poeta Silvio Rodríguez, parecen lo mismo, pero no es igual; ver artículo de Eguiarte y Soberón, 1989). A estos términos se han sumado recientemente otros que rápidamente han ido adquiriendo popularidad: biodiversidad, extinción, especies amenazadas, crisis de la diversidad, etc. La generalizada y socorrida adopción de tal "ecoterminología" refleja, en muchos casos, felizmente, el interés y preocupación genuinos por los llamados problemas ambientales. (Por desgracia en otros no es así, y los ecotérminos son adoptados, por citar un ejemplo obvio, como trampolín político.) Sin embargo, la preocupación y el interés genuino por una causa, tienen una mejor posibilidad de provocar acciones pertinentes, si se basan en un conocimiento de la causa en cuestión. En mi actividad de investigación, docencia y divulgación en el campo de la ecología percibo una enorme simpatía, e incluso compromiso, por la "problemática de la biodiversidad" (i.e. la extinción contemporánea de especies), pero a la vez noto una marcada falta de conocimiento de los hechos básicos del asunto, no sólo entre estudiantes y público general, sino también entre algunos profesionales de

las ciencias biológicas. (Los asistentes al simposio sobre "Diversidad Biológica de México", organizado a fines de 1988 en Oaxtepec, México, seguramente pudieron atestiguar esta aseveración.) Por otra parte, también he percibido la malinterpretación que se hace de algunos hechos, lo que puede orillar a algunas

personas a tener una visión y actitud antagónicas a la problemática (o crisis) de la biodiversidad. En particular, he notado, en discusiones con estudiantes y con profesionales de varios campos, que se tiene la idea de que las extinciones biológicas (i.e., reducciones en la biodiversidad) siempre han ocurrido como un fe-



* Este trabajo se llevó a cabo mientras el autor estuvo asociado al Missouri Botanical Garden (St. Louis Missouri, EE. UU.) y con apoyo de una beca de la Fundación Jessie Smith Noyes.

** Centro de Ecología, UNAM



nómeno natural y que el considerarlas resultado de una crisis bien puede ser otro caso de amarillismo ecológico injustificado. Por estas razones, consideré que tal vez era pertinente reunir, en este número dedicado a la divulgación sobre ecología, algunos hechos que pudieran dar una noción útil de lo que sabemos y de lo mucho que no sabemos, con el fin de propiciar una reflexión sobre lo que hay por hacer en cuanto a la biodiversidad. Así, mi principal justificación al abordar ahora este tema, es la de que, después de todo, la biodiversidad de una comarca o del planeta, es el producto de la evolución y la biogeografía, con la ecología como fenómeno determinante inmediato. Centraré mi énfasis sobre la biodiversidad global, ya que el caso de México (que sería el énfasis obvio) ha sido abordado espléndidamente por otros autores (Toledo, 1988; J. Fa, R. Bye y T.P. Ramamoorthy, en prep.) y fue revisado ampliamente en un excelente número anterior de esta revista (Llorente, 1989). Veamos primero, qué se entiende por biodiversidad.

BIODIVERSIDAD: UNA TRINIDAD BIOLÓGICA

Puesto en términos simples, la biodiversidad, o diversidad biológica, se refiere a la riqueza o variedad de formas vivientes que existen en el planeta: enormes constelaciones de plantas, animales y microorganismos, sostenidos como entes

vivientes por una constelación de información genética aún mayor, y acomodados en forma compleja en los biomas o ecosistemas que caracterizan el planeta: selvas, desiertos, etc. Dejando de lado el nivel de organización más amplio, el del ecosistema (véase Maass, en este número) la biodiversidad fue concebida por Ledig (1988), en una analogía curiosa, como una trinidad biológica, constituida por: i) la diversidad de "formas" del mismo *gene(s)* dentro de una especie; ii) el cúmulo de diferencias genéticas que caracterizan a diferentes *poblaciones* (o razas ecológicas o ecotipos de la genecología clásica); y iii) las enormes bibliotecas de información genética que caracterizan a cada una de las *especies*.

La analogía de Ledig (1988) se debe a la Trinidad de la religión católica —Padre, Hijo y Espíritu Santo—, como tres entidades y una sola al mismo tiempo, que, según él, deben ser objeto de un programa de conservación biológica ideal. Deliberadamente he traído a colación esta analogía para: i) enfatizar la enorme riqueza biológica del planeta, cuando (más adelante) discuta sobre el número de especies del mismo y ii) poner de manifiesto la gran cantidad de información biológica que existe y que, por consiguiente, se pierde con la extinción de una sola especie. Wilson (1988) ha planteado esto en términos muy técnicos, pero que lo reflejan en forma espléndida: el número de genes en una

bacteria es cercano a 1 000, mientras que llega a 10 000 en algunos hongos o a 400 000 o más en muchas plantas vasculares y algunos animales. Considérese ahora el caso de un mamífero típico, por ejemplo el ratón (*Mus musculus*). Éste tiene unos 100 000 genes contenidos en cuerdas de ADN (empacadas en miles de células) y cada una de ellas incluye unos 100×10^6 nucleótidos. Si se desenredara del todo, el ADN llegaría a una distancia de cerca de un metro, teniendo un grosor de sólo 20 Angstroms. Ahora, si se aumentara el diámetro hasta convertirlo, a escala, en una tira de hilo de envoltura, la extensión que alcanzaría sería de unos miles de kilómetros. Si recorriésemos tal cuerda, encontraríamos unos 40 nucleótidos, o pares de "letras", en código genético, por cada 10 cm de longitud, y la información contenida, si las letras se pusiesen en tamaño típico de letra impresa, llenarían el espacio de las quince ediciones de la Enciclopedia Británica. En la misma secuencia, merece la pena considerarse que el número de individuos que constituyen una especie puede ser enorme. Por ejemplo, el número promedio de individuos por especie de hormiga (de las 10 000 conocidas), es de 10^{11} (calculado a partir de Wilson, 1986).

Volviendo a la analogía de la Trinidad, es interesante reflexionar que, con pocas excepciones (partenogénesis, propagación clonal), prácticamente todos los individuos de una especie son diferentes y que, además, cualquier especie de distribución amplia, o moderadamente amplia, está compuesta por numerosas poblaciones diferentes. Dos ejemplos un tanto grotescos ilustrarán el punto: 1) Imagínese que la especie *Homo sapiens* (es decir, usted, el lector), tuviera que ser caracterizada por un individuo y el individuo fuese, por ejemplo, Adolfo Hitler; ¡la especie estaría sin duda muy inapropiadamente representada! 2) Las contadas manadas del bisonte (*Bison bison*) de hoy en día, son una muestra muy empobrecida y homogénea, generada a partir de los pocos animales que se lograron salvar de la extinción de una especie que estaba muy extendida y, seguramente (intraespecíficamente) muy diversa, hasta principios del siglo pasado.

En suma, la diversidad orgánica es tan grande y nuestro grado de estudio y conocimiento a niveles intraespecíficos tan pequeño, que el documentar la magnitud de la biodiversidad del planeta es un desafío científico y una meta prácticamente, ya, inalcanzable. La diversidad en cuanto a especies nos es un poco más conocida y todavía es un objetivo tangible. Sin em-

bargo, como veremos en seguida, incluso a este nivel sabemos penosamente muy poco.

**¿DE QUÉ MAGNITUD ES
LA DIVERSIDAD DEL PLANETA
A NIVEL DE ESPECIES?**

Un elemento fundamental en nuestro entendimiento del universo es el conocimiento de ciertas magnitudes o medidas. Ejemplos de ello son: de la superficie del planeta, aproximadamente 3/4 y 1/4, respectivamente, corresponden a agua y tierra; el diámetro promedio de la Tierra es de 12 742 km; el Río Amazonas contiene aproximadamente 1/5 del agua dulce del planeta; la masa de un electrón es 9.1×10^{-28} g; y, por último, el número de especies de organismos de la tierra... todavía no lo sabemos; ni siquiera sabemos su magnitud aproximada. Y es claro que el conocimiento de esta magnitud, sobre todo hoy en día, no es de menor importancia que el conocimiento de otras tantas. Sin embargo, es evidente que alguna idea debemos tener al respecto (después de todo la taxonomía es una de las ramas más viejas de las ciencias biológicas y los taxónomos constituyen una "especie" de alta abundancia relativa entre la comunidad de biólogos). Y en realidad, algo sabemos, pero la idea que tenemos claramente *no* es definitiva, como lo demuestra la siguiente reseña.

A partir de que Linneo implantó su sistema binomial en 1753, 106 años antes de la publicación de *El Origen de las Especies*, unas 1.4×10^6 especies han sido



identificadas y formalmente nombradas (Wilcox *et al.*, 1988; Wilson y Peter, 1988) (cuadro 1). De éstas, 0.75×10^6 (o sea el 54%), son insectos; unas 0.25×10^6 (18%) son plantas (aunque Raven (1989) sugiere que esta cifra debe ser mayor); 0.043×10^6 son vertebrados y el resto constituye una mezcla de invertebrados y microorganismos. Sin embargo, y con una amplia ventaja sobre los demás, los grupos mejor estudiados son las aves y los mamíferos, que juntos no suman ni el 1% de las especies conocidas. En las plantas superiores, relativamente bien estudiadas, se estima que en los tró-

picos hay todavía un 10% por descubrirse y un 20% que aún no ha sido formalmente denominado, aunque ya existe en herbarios (Raven, 1989). Es claro que las enumeraciones del cuadro 1 son una subestimación grosera de la diversidad específica. ¿Cómo podríamos afinar nuestra estimación? Parecería claro que, dada su mayoritaria representación, una refinación en la estimación del número de insectos ayudaría a resolver el misterio.

Williams (1964), a partir de una combinación de muestreo intensivo y de extrapolaciones matemáticas, proyectó el número de insectos a 3×10^6 especies. Raven (1983) estimó el número total de especies en $3-5 \times 10^6$, bajo el siguiente raciocinio: de los mamíferos, aves y otros grupos relativamente bien conocidos, hay cerca del doble de especies en los trópicos que en las zonas templadas. Si esta razón 2:1 es consistente para los insectos, los cuales son mejor conocidos en las zonas templadas, por cada especie de insecto nombrado en las zonas templadas habrá 2 en los trópicos. Por lo tanto, a partir de una enumeración como la del cuadro 1, Raven llegó a una estimación cruda de $3-5 \times 10^6$.

Entre los años 1964 y 1984, a partir de exploraciones en ambientes desconocidos y del empleo de nuevas técnicas, el número de animales (incluyendo insectos y otras faunas), se elevó a unos 10×10^6 (Wilson, 1988). El salto más reciente es realmente espectacular. El ecólogo norteamericano Terry Erwin, a partir de sus estudios en Perú (Erwin, 1982, 1983), puso en evidencia la existencia de

Cuadro 1. Enumeración de las especies de organismos formalmente descritas.

Grupo	Nombre común	Total de especies
Virus	Virus	1 000. (aprox)
Monera	Bacterias y algas azul-verde	4 760
Fungi	Hongos	46 983
Algae	Algas	26 900
Plantae	Plantas no vasculares	28 428
	Plantas vasculares	220 000
Protozoa	Protozoarios	30 800
Invertebrata	Invertebrados "inferiores"	106 300
	Insectos	751 012
	Otros artrópodos	123 161
	Otros invertebrados	9 300
Cordata	Vertebrados "inferiores"	1 273
	Peces	19 056
	Anfibios y reptiles	10 484
	Aves	9 040
	Mamíferos	4 000
Gran total		1 392 497

Fuente: Wilson y Peter (1988).

Cuadro 2. Número de especies de coleoptera en varias categorías tróficas y la fracción de especies específicas, obtenidos a partir de muestreos en la copa de *Luehea seemani*. La última columna da el número estimado de especies específicas a un árbol típico de las selvas muestreadas.

Grupo Trófico	Número de especies	Fracción estimada (%) de especies	No. estimado de especies específicas
Herbívoros	682	20	140
Depredadores	296	5	15
Frugívoros	69	10	7
Carroñeros	96	5	5
Total	1 100 (al menos)	—	160

Fuente: Erwin (1982, 1983).

un mundo entomológico prácticamente desconocido hasta 1982: el del dosel forestal de la Selva Neotropical. Con un mínimo de perturbación al dosel, él y sus colaboradores colocaron en la copa de árboles de *Luehea seemani*, un insecticida y agente de acción inmediata, liberado repentinamente en forma de una neblina y por control remoto. El insecticida (que es inocuo a vertebrados) generó la caída en masa de los artrópodos, los cuales fueron recolectados en placas dispuestas para ello al pie de los árboles. Los resultados aun para un solo grupo particular, los coleoptera, fueron espectaculares (el cuadro 2 presenta un resumen): se detectaron por lo menos 1 100 (probablemente 1 200) especies, la mayoría de las cuales son herbívoras. Con el fin de relacionar esta información a la pregunta clave, Erwin estimó que el 20% de los herbívoros son específicos a *Luehea*, mientras que los valores correspondientes a los grupos de depredadores, fungívoros y carroñeros, fueron 5, 10 y 5% respectivamente. Con esta información, llegó a un estimado de 160 especies de escarabajos como específicos de un árbol tropical típico. Después, bajo su argumento de que los coleoptera representan sólo al 40% de las especies de artrópodos, el número pasa de 160 a 400 (i.e. 16 000/40); considerando además que, según Erwin, la fauna del dosel es al menos el doble de la del suelo, el número llega a 600 y, finalmente, estimando unas 50 000 especies de árboles tropicales, Erwin llegó a su famoso cálculo de 30 millones de artrópodos tropicales en total. Lo sólido de este cálculo depende de la consistencia de los supuestos usados por Erwin. Si, por ejemplo, el número de artrópodos del sotobosque fuese mayor (lo cual es muy factible, y se sabrá cuando se haga un estudio detallado), la razón 2:1 (suelo:dosel) se modificaría y los 30 millones fácilmente pueden incrementarse. Asimismo, cualquier cambio de los niveles de especificidad supuestos

por Erwin, bien podrían alterar la cifra estimada. Queda claro así, y gracias a lo que señalan los estudios de este autor, que aún persiste una fascinante agenda de trabajo por realizarse.

Además de esta estimación, sólo me es familiar otro esfuerzo subsecuente: el de May (1988). Este prestigiado biólogo teórico analizó las implicaciones de algunos patrones ecológicos que pudieran acercarnos, por medios indirectos, a una idea de la pregunta en cuestión. En particular May revisó: i) la estructura de cadenas tróficas, ii) las relaciones entre el número de especies y sus abundancias relativas, así como iii) las relaciones entre el número

de especies e individuos, en diferentes categorías de tamaño corporal. Para nuestro desencanto sus análisis no responden a "la pregunta", aunque señalan algunos posibles caminos de estudio relevantes a la misma. Tal vez una proyección de este estudio que merece mencionarse, es la generada a partir de la relación entre la longitud corporal y el número de especies (figura 1). Aunque muy forzada, y con datos muy cuestionables (el signo ? en la figura 1 es original), la proyección, que abarca desde organismos de 1 mm de longitud, está en el vasto ámbito de 10-50 x 10⁶ especies. Si estas elucubraciones tienen validez, señalan un ámbito que se acerca al valor proyectado por el valiosísimo estudio de Erwin.

Como corolario a esta sección, vale la pena no olvidar, por una parte, a la Trinidad biológica, y por otra, el hecho de que en invertebrados, plantas superiores, hongos y microorganismos, el nivel de conocimiento es aún muy pobre. Por ejemplo, en un estudio reciente sobre insectos depredadores de semillas de árboles, en la región de Los Tuxtlas, Veracruz (una de las zonas mejor estudiadas y recolectadas de México y Latinoamérica), han resultado no menos de 6 especies de coleoptera (sin contar otros grupos), nuevos para la ciencia (Andrade, 1989). En la misma región, nuestros estudios de patógenos foliares han tenido

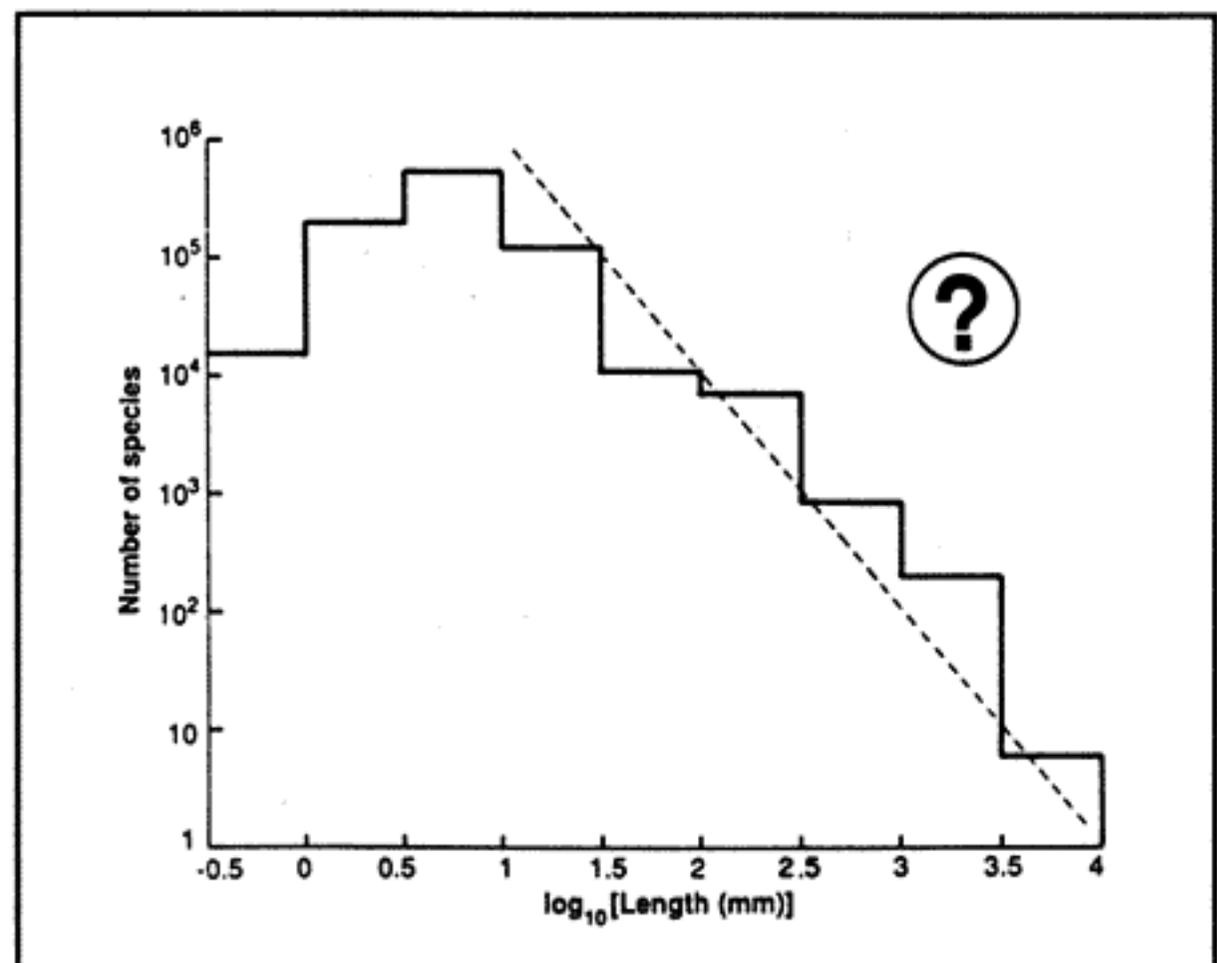


Figura 1. Distribución del número de especies de animales terrestres en función de la longitud corporal característica. La línea punteada sugiere la relación entre las variables y fue usada para proyectar el número de especies animales terrestres. [Fuente: May, 1988. el signo de interrogación es de la figura original y "enfatisa lo crudo de estas estimaciones y lo inadecuado de los datos para las clases inferiores de longitud corporal" (p. 1447)].



que hacerse a nivel de "síntomas", ya que ni siquiera hay literatura disponible apropiada para identificar esta constelación de hongos patogénicos (véase García-Guzmán, 1990).

Otra implicación de la reseña presentada es la de que, si las estimaciones recientes son relativamente cercanas a la realidad, los miles de especialistas dedicados a la búsqueda y descripción de las especies del planeta, desde Linneo hasta hoy, han descrito tan sólo alrededor de un 4.0% del total, es decir, algo así como 5 900 especies por año. Esto proyectaría una labor (de inventarios biológicos) de unos 5 000 años para lidiar con 30×10^6 especies.

Claramente la situación reciente es un poco más alentadora, ya que la tasa actual de descripción de especies es mayor que el promedio de 5 900 por año (Dirzo, en prep.); de todas formas, las cifras indican que lo que queda por hacer es una labor titánica, y, como veremos, es muy urgente (contra un reloj que va demasiado aprisa). Frente a este panorama, Wilson (1988) ofrece una visión un poco más esperanzadora: establecer un objetivo de trabajar con 10×10^6 especies sería una meta alcanzable, aun con métodos e infraestructura claramente subóptimos. Si un especialista procediera al ritmo de 10 especies en promedio por año (desde la recolección

hasta la publicación), se requeriría un total de 1×10^6 años-persona; asignando 40 años de vida productiva por científico, la tarea consumiría 25 000 vidas profesionales. Ahora bien, con suficiente apoyo, el panorama tal vez podría mejorarse, pero, por desgracia, el factor limitante seguiría siendo el tiempo.

¿POR QUÉ NECESITARÍAMOS UN CATÁLOGO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES?

Esta pregunta merece un ensayo propio, y aquí sólo mencionaré algunos de los argumentos sin entrar en detalle. Para empezar, numerosas disciplinas biológicas dependen directamente de poder saber a qué entidad específica referir los problemas o hallazgos propios de esas disciplinas. La ecología es uno de los casos. Por ejemplo, el potencial del estudio referido anteriormente sobre los patógenos foliares en Los Tuxtlas, simplemente es inexplorable hasta no tener la identidad de los organismos: ¿hay especificidad de los patógenos por plantas con ciertos atributos químicos o cierta afinidad taxonómica?, ¿varios patógenos causan la misma sintomatología?, ¿qué relación tienen los patógenos de esta selva con los de plantas cultivadas tropicales?, etc. Un mundo de posibilidades se abriría si tuviésemos el catálogo de identidad. En otro nivel, si hay 30×10^6 especies de insectos en la tierra ¿por qué no

hay el doble?, ¿qué determina la magnitud y las causas de la diversidad biológica del planeta? En suma, este conocimiento de la diversidad es fundamental para ciencias como la ecología y crucial para entender a la naturaleza, así como nuestra posición relativa en el orden de atributos de la vida. Por otra parte, en el plano "utilitario", los argumentos no faltarían y por razones de espacio simplemente remito al lector a una referencia singular entre las muchas pertinentes: *Un almacén de especies para beneficio humano* (Myers, 1983).

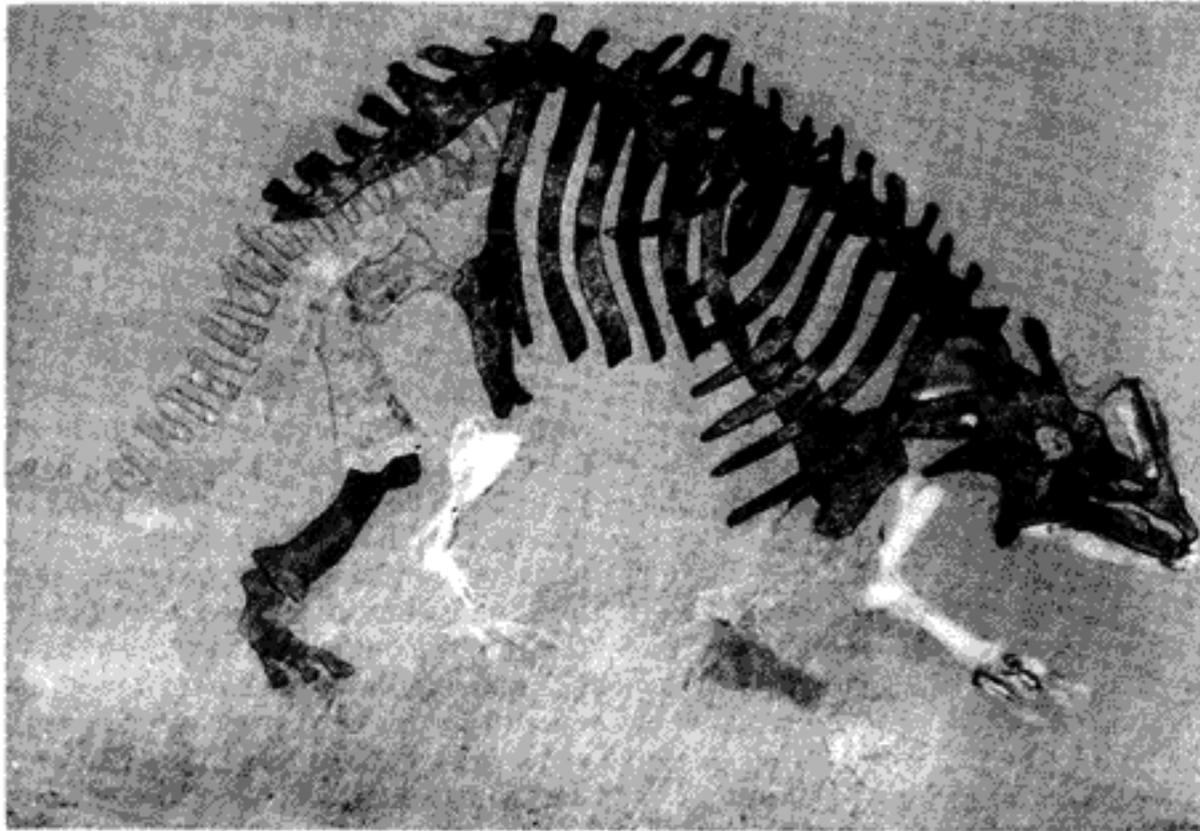
¿CÓMO SE DISTRIBUYE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES?

Aun los suelos tóxicos que rodean las minas de zinc en el país de Gales (*obs. pers.*), los desiertos más áridos y la tundra congelada, contienen su cuota de biodiversidad. Sin embargo, es sabido que la riqueza de especies no se distribuye homogénea ni aleatoriamente. Incluso con nuestro limitado nivel de conocimiento, podemos extraer patrones claros y consistentes. Estos realmente son "del dominio popular", por lo que sólo los mencionaré superficialmente y sin abundar en los motivos.

1. En global, la tierra es más biodiversa que los océanos. Por ejemplo, el número total de plantas y animales nombrados, procedentes de los océanos, es aproximadamente cercano al número hasta ahora nombrado de coleoptera, los cuales, fundamentalmente (aunque no exclusivamente), son bichos terrestres (Burger, 1989). Claro, puede argumentarse que hay muchas especies de los océanos profundos que no han sido nombradas, pero estos habitats son tan poco explorados como, por ejemplo, el dosel forestal tropical.

2. Los trópicos son los ecosistemas más diversos en tierra (y por lo tanto en el planeta); la biodiversidad decrece con la distancia a partir de las zonas tropicales (ejemplos en cualquier texto de ecología o biogeografía).

Aun cuando los trópicos cubren 7-14% de la superficie de la tierra (el porcentaje varía según el autor), contienen al menos el 50% de las especies del planeta. Dentro de los trópicos, los ecosistemas más diversos son las selvas húmedas y, a su vez, las selvas húmedas parecen diferir en su grado de biodiversidad. En Latinoamérica por ejemplo, de las $170-180 \times 10^3$ especies de plantas, aproximadamente la mitad se encuentra en comarcas del Perú, Colombia y Ecuador, en un área que suma un poco me-



aun siendo muy burdas, sugieren que estamos frente a un proceso de extinción de gran magnitud.

La explicación de las reducciones contemporáneas (léase inducidas por el hombre) de la biodiversidad, incluye una compleja trama de causas proximales y últimas, determinadas por problemas interconectados, de tipo tan variado como los político-económicos (por ejemplo demandas alógenas y distribución desigual de los recursos), sociológicos (tendencias demográficas), ecológicos (no planeación o planeación errónea del uso del suelo), etc. Me referiré, por razones de espacio y capacidad, solamente a una causa proximal y ecológica que acusa la mayor contribución a las pérdidas actuales en la biodiversidad: la deforestación (*sensu lato*) tropical. Aquí sólo presento un análisis superficial, y para un análisis en detalle refiero al lector a la revisión más actualizada que conozco, el estudio de Wilcox *et al.* (1988).

Basándose en un análisis geoclimático, se puede inferir que en la prehistoria, los bosques tropicales cubrían un área de aproximadamente 1.6×10^6 km² y se estima que, hacia finales de los años 70 se habían reducido a 1.0×10^6 km². Las proyecciones correspondientes al momento actual, son motivo de cierta controversia (ver Melillo *et al.*, Dirzo y García, 1990), pero no hay duda de que la fracción remanente es menor. La tasa estimada de deforestación global que tiene cierto consenso es de 0.7-1% anual. Por referencia, si es de 0.7%, esto equivale a una destrucción anual de una fracción de selva del tamaño de Costa Rica. Los efectos de esta deforestación sobre la diversidad, pueden ser censados por varios enfoques (véase Wilcox *et al.*, 1988); el más usual es el de la biogeografía insular (Wilson, 1989). Según este enfoque, una regla de aproximación burda, es la de que a cada reducción de una "isla" (una selva) a un 10% de su área original, corresponde una pérdida de biodiversidad del 50%. Las proyecciones de los mejores datos disponibles (Lanly, 1982), sugieren que tal reducción de área debe estar ocurriendo ya, hoy en día, en algunas comarcas; por desgracia parte de estas observaciones han sido ya confirmadas [Sri Lanka (Simutraachchi, 1989, en Raven, 1989); Madagascar (Wilson, 1989)]. Con este enfoque (insular) Wilson (1989) llega a una estimación perturbadora, que plantea una tasa de pérdida de 0.2-0.3% de las especies tropicales por año, la cual, si se extrapola con base en un número muy conservador de 2×10^6 especies tropicales, daría un valor de caída en la biodiversidad tropi-

nos de 1/3 del territorio de los EE.UU. (Raven, 1989). Más aún, Gentry (1986) ha documentado para una parcela de 1 ha en el Perú, y censando sólo los árboles de más de 10 cm de diámetro a la altura del pecho, la existencia de 300 especies. En otra parcela de 0.1 ha (es decir, aproximadamente la décima parte de una cancha de fútbol), en Ecuador, encontró 365 especies de plantas. Esta diversidad tropical se puede entender mejor en un contexto comparativo: por ejemplo, la estación biológica "La Selva" en Costa Rica, contiene en sus 730 ha, 1500 especies de plantas vasculares, número que es similar al de la super conocida flora británica, con un área 33 000 veces mayor.

Es interesante hacer notar, finalmente, que la investigación reciente está haciendo evidente que el número de endemismos tropicales es más alto que lo sospechado. Veamos dos ejemplos útiles y referidos antes en otro contexto: i) Cuando Erwin investigó los escarabajos del dosel, encontró un número de 160 especies exclusivas de una especie de árbol, y de dos sitios censados en la parte amazónica del Perú, separados por sólo 50 m, encontró que únicamente 8.7% de las especies se compartían entre ambos y ii) Gentry, en uno de sus sitios (Río Palenque, Ecuador), en un área de 20 km², encontró 38 especies exclusivas de este sitio; además detectó otras 52 (ahora bajo estudio taxonómico en Missouri), que parecen ser especies no descritas antes para la ciencia. El asunto de los endemismos tropicales lo he puesto como corolario de esta parte (y como conexión con la siguiente), debido a que la amenaza de alteración de estos sitios implica

un riesgo de extinción de estas especies. De hecho el sitio de Río Palenque, que fue estudiado por Gentry, fue talado antes de que, por lo menos, se pudiera terminar la descripción de las especies!

REDUCCIÓN CONTEMPORÁNEA DE LA BIODIVERSIDAD ¿UNA CRISIS?

Hay evidencias contundentes, frente a nuestros propios ojos, de que la biodiversidad está declinando. La destrucción de habitats, ahora un fenómeno omnipresente, está reduciendo los números de especies y, desde luego, arrastrando consigo la diversidad genética dentro de las especies. La magnitud a la que está ocurriendo el proceso no la sabemos con precisión porque, para empezar, no tenemos un catálogo completo, o al menos adecuado, de dicha biodiversidad.

Una forma convencional de asomarse al problema, es revisar las bases de datos que algunas agencias tienen con respecto a especies extintas o amenazadas de extinción. Por ejemplo, el Centro Mundial de Sondeos sobre la Conservación, consigna una lista con 4589 casos de animales amenazados (IUCN, 1988). La Unidad de Plantas Amenazadas enlista un total de 50 000 especies de plantas en varias categorías de riesgo, con unas 20 000 en situación crítica y prevee que, para el año 2050, el número de plantas extintas o en alto riesgo, podría llegar a unas 60 000 especies (*i.e.*, casi 1 en cada 4) (WWF, 1988). La regla de 10-30 especies de animales por cada una de plantas proyectaría una cifra poco alentadora. Es claro, no obstante, que estas listas rojas son imprecisas e incompletas, pero

cal de $4-6 \times 10^3$ especies por año. Por comparar, veamos otra estimación basada en una mecánica más simple y, espero, más tangible. Supongamos, conservadoramente, que existen 5×10^6 especies de organismos en las selvas húmedas (cf. Erwin, 1982, 1983) y que la mitad de ellas están relativamente restringidas en su distribución (cf. Gentry, 1986; Erwin, 1982, 1983). Bajo tal supuesto, la tasa de reducción de la biodiversidad sería $5 \times 10^6 \times 0.5 \times$ tasa de deforestación. Si también conservadoramente, asignamos una tasa de deforestación de 1.0% año⁻¹, llegaríamos a la cifra de 25×10^3 especies por año (i.e. $5 \times 10^6 \times 0.5 \times 0.01$). El usar el número conservador de 5×10^6 , implica que, ya que la biota tropical es cercana al 50% del total global (por lo menos), la estimación porcentual de la tasa de pérdida de especies es de 0.25% del total global [i.e., $(25 \times 10^3 / 10 \times 10^6)$ (100)]. Esta estimación se aproxima a la de Wilson, antes mencionada.

Sería esperanzador que, por métodos alternativos, se obtuvieran cifras menores, pero esto no parece ser así. Por ejemplo, el método de "hot spots" (puntos críticos), es decir sitios de alta diversidad, pero a su vez con tasas de deforestación muy altas (quedando México incluido en éstos) de Wilcox *et al.* (1988), produce resultados comparablemente dramáticos. En suma, dada la información disponible, el resultado es que cientos de vertebrados, cientos de miles de plantas y millones de artrópodos, corren un riesgo fuerte de extinguirse en las próximas décadas.

Terminaré esta sección mencionando ejemplos que representan claramente la situación que existe a nivel local. El primero es la dramática descripción de la obliteración de las selvas bajas caducifolias de la región mexicana conocida como "El Bajío". En un espléndido, pero desesperanzador análisis, Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1987), reseñan cómo esta región, que ocupaba un área de aproximadamente $20\,000 \text{ km}^2$, ha desaparecido en más del 95% de su extensión original, por lo que la única idea botánica que podemos darnos de esta comunidad, es a partir de reducidos vestigios cerriles. Es evidente que la selva seca de esta zona está próxima a desaparecer, llevándose consigo "n" especies que tal vez no conocimos, junto con las 5-10 especies arbóreas de distribución restringida en el área. El segundo ejemplo corresponde a una selva húmeda mexicana. La región de Los Tuxtlas (Veracruz), solía ser un área cubierta por una carpeta continua de selva húmeda, que ahora quedó reducida a fragmentos y

que presenta una tasa de deforestación cercana al 4% anual (Dirzo y García, 1990), la cual, si no hacemos nada al respecto, la restringirá en pocos años a fragmentos aislados y localizados en los sitios más inaccesibles.

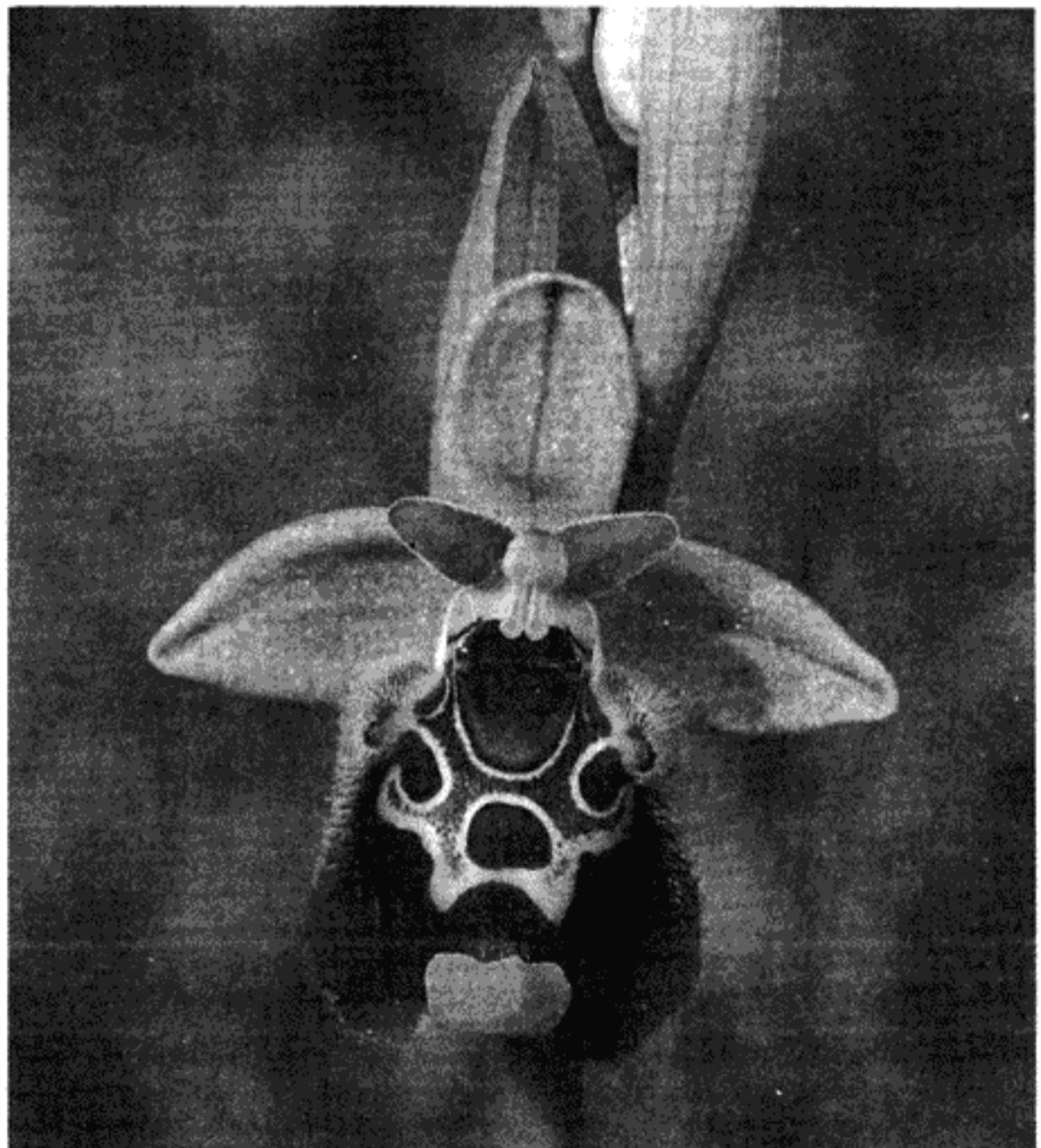
COROLARIO: ¿PODEMOS OBTENER CONSUELO A PARTIR DE LOS RITMOS DE EXTINCIÓN NATURAL?

El enfoque obvio para tratar de responder a esta pregunta, es comparar la extinción pre y post intervención humana. La mejor información disponible, es la correspondiente a faunas marinas del Paleozoico y Mesozoico (Raup, 1986). La tendencia en la marcha ascendente en la diversidad biológica, a partir del "despegue" en el Cámbrico (hace unos 600×10^6), ha sido detenida por varios episodios de extinción, de los cuales los más marcados, o masivos, ocurrieron en el Ordovícico/Silúrico, Devónico, Pérmico/Triásico, Triásico/Jurásico y, el más famoso, el "de los dinosaurios", al final del Cretácico. De aquí surge, a mi modo de ver, el primer mensaje para nuestra comparación: las extinciones masivas, de la magnitud de la de los dinosaurios, han

sido eventos relativamente raros en el Fanerozoico, es decir 5 en 600×10^6 años.

En este curso temporal de extinción, las tasas, como se esperarían, han variado dependiendo del episodio y del grupo de organismos en consideración. Sin embargo, en comparación, notemos que algunas de las tasas calculadas con más confiabilidad (p. ej. en el Meso y Cenozoico), pudieron haber sido del orden de 0.1 a 1 especies por especie por millón de años, es decir 10^{-7} a 10^{-6} especies/especie/año. Y he aquí el segundo mensaje: tanto los números absolutos como las tasas de extinción actuales y del futuro cercano, son entre 1 y 100 veces más altas que las calculadas para antes de nuestra incursión al planeta, y se parecen más a las del Pérmico, las verdaderamente más altas en la historia del mismo.

De entre los muchos hechos conocidos de la historia de la vida, y que resultan de interés para el asunto que nos ocupa, uno que merece la pena comentarse es el fenómeno de extinción selectiva (i.e., no al azar) (véase Raup, 1986)



y de esto, un aspecto crucial es que, hasta donde sabemos, las plantas por lo general han salido bien libradas, habiendo sufrido niveles de extinción moderadamente bajos (Knoll, 1984, Raup, 1986). Este aspecto contrasta, como he documentado, con el proceso de extinción en el que las plantas están siendo arrastradas actualmente.

En suma, hasta donde nos permite ver la información disponible, la respuesta a la pregunta de este corolario se acerca más al *no*.

Terminaré con dos comentarios y una alusión al título de este ensayo.

1. El problema de la diversidad biológica es directamente relevante a México. Este país es uno de los más importantes centros de diversidad del planeta (Toledo, 1988, Llorente, 1989) y, al mismo tiempo, un "hot spot" (Wilcox *et al.*, 1988) por sus formidables problemas de conservación.

2. Queda mucho que hacer. Por el lado biológico, como este ensayo lo señala, urge trabajar en taxonomía, sistemática, ecología y divulgación científica. Por otro lado, se requiere, ya, la incursión seria y comprometida por parte de gremios como los economistas, sociólogos, antropólogos y políticos. Es claro que éste es básicamente un problema biológico, pero la solución no está exclusivamente en las manos de los biólogos.

3. En cuanto a la alusión al título. ¿Estamos frente a una crisis de la biodiversidad?... Usted decide. ▣

BIBLIOGRAFÍA

Andrade, L.O. 1989. *Cultivo de insectos depredadores de propágulos de árboles tropicales en Los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Burger, W. 1989. Tropical forests and the number of plants and animals on planet Earth. *Field Museum of Natural History Bulletin* 60:9-14.

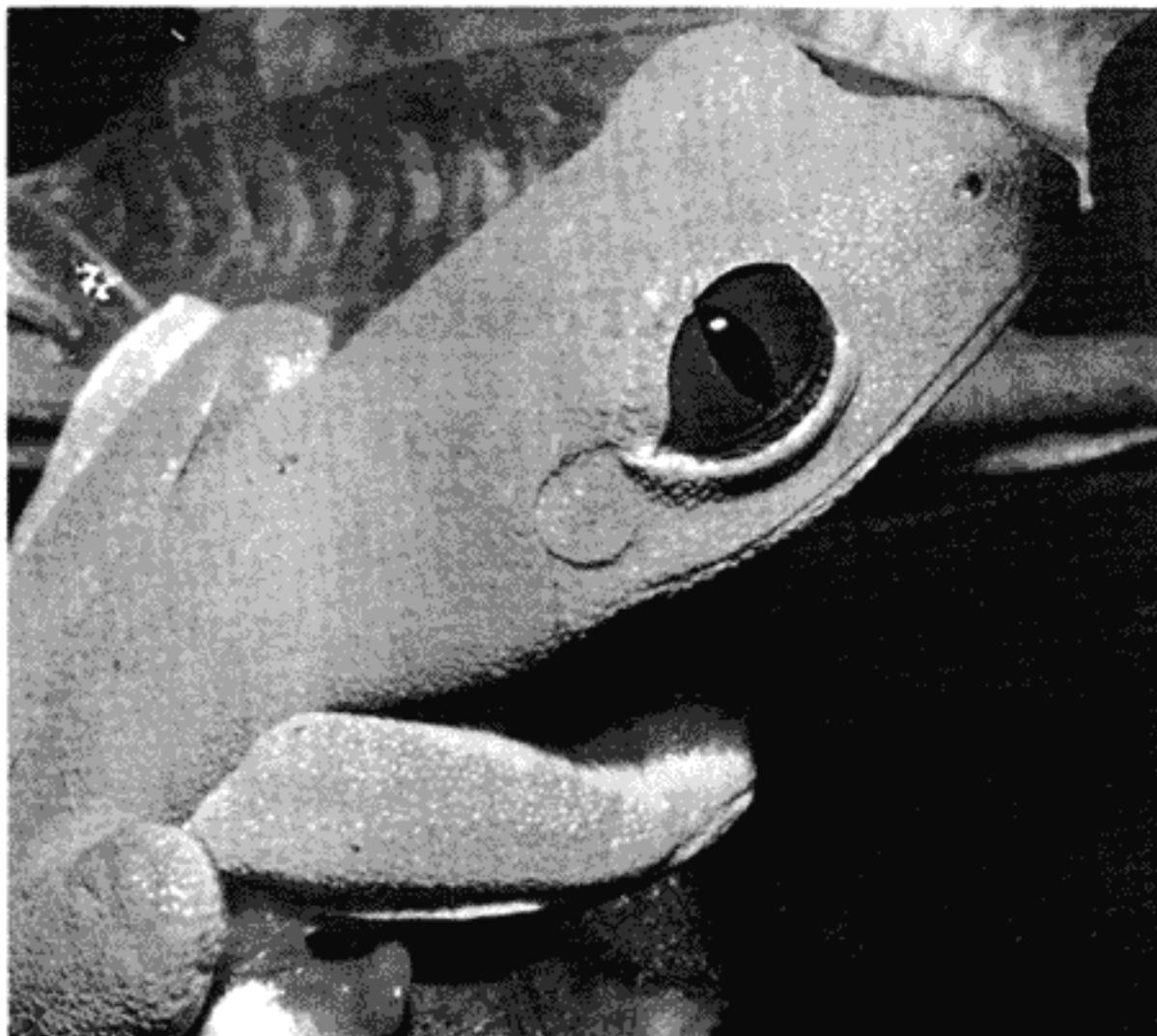
Dirzo, R. y M.C. García. 1990. Recent rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical rain forest in Southeast Mexico. Remitido a *Conservation Biology*.

Eguarte, L. y J. Soberón. 1989. La ecología de los ecólogos. *Información Científica y Tecnológica* Vol II No. 159: 21-25 pp.

Erwin, T.L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Colept. Bull.* 36:74-75.

Erwin, T.L. 1983. Tropical forest canopies: the last biotic frontier. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 29:14-19.

García-Guzmán, M.G. 1990. *Estudios sobre ecología de patógenos en el follaje de plan-*



tas de la selva de Los Tuxtlas, Ver. Tesis Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM México.

Gentry, A.H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plant communities. In: Soulé, M. (Ed.). *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Assoc. Sunderland, Mass. pp. 153-181.

IUCN, 1988. *The 1988 red list of threatened animals*. International Unit for the Conservation of Nature, Cambridge.

Knoll, A.H. 1984. Patterns of extinction in the fossil record of vascular plants. In: Nitecki, H. (Ed.) *Extinctions*. University of Chicago Press. pp. 21-28.

Lanly, J.P. 1982. Tropical forest resources. *Forestry paper no. 30*. fao, Roma.

Ledig, T.F. 1988. *Conservation of genetic diversity: the road to La Trinidad*. The Leslie L. Schaffer Lectureship in Forest Science. October 27. The University of British Columbia.

Llorente, J. (compilador) 1989. Los patrones de la evolución y la sistemática en México. *Ciencias no. especial 3*. Facultad de Ciencias, unam.

May, R.M. 1988. How many species are there on Earth? *Science* 241: 1441-1449.

Melillo, J.M., C.A. Palm, R.A. Houghton, G.M. Woodwell y N. Myers. 1985. A comparison of two recent estimates of disturbance in tropical forests. *Environmental Conservation* 12:37-40.

Myers, N. 1983. *A wealth of wild species: a storehouse for human welfare*. Westview Press, Boulder, Colorado.

Myers, N. 1986. Tropical deforestation and a mega extinction spasm. In: Soulé, M. (ed.). *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Assoc. Sunderland, Mass. pp. 394-409.

Raup, D. M. 1986. Biological extinction in Earth history. *Science* 231:1528-1533.

Raven, P. H. 1983. The challenge of tropical biology. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 29:4-12.

Raven, P.H. 1989. Synthesis. In: Holm-Nielsen, L.B., I.C. Nielsen, H. Baslev. *Tropical forests. Botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press. London. pp. 365-374.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1987. El bosque tropical caducifolio de la región mexicana de El Bajío. *Trace* 12:12-21.

Simberloff, D. 1986. Are we on the verge of a mass extinction in tropical rain forests? In: Elliot, D.K. (Ed.). *Dynamics of Extinction*. Wiley & Sons, New York. pp. 165-180.

Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 81:17-30.

Wilcox, B.A., Buechner, M. y Ehrlich, P.R. 1988. *Tropical deforestation and species extinction*. Review document prepared for the WWF.

Williams, C.B. 1964. *Patterns in the balance of nature*. Academic Press, New York.

Wilson, E.O. 1988. The biological diversity crisis: a challenge to science. In: Hedberg, I. (Ed.). *Systematic botany, a key science for tropical research and documentation*. Symb. Bot. Up. XXVIII:3. Almqvist & Wiksell International. Stockholm. pp. 5-12.

Wilson, E.O. y F.M. Peter. 1988. (eds.) *Biodiversity*. National Academy Press. Washington.

Wilson, E.O. 1989. Threats to biodiversity. *Scientific American*. September 1989. Special Issue. pp. 108-116.