

Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies

Loss of biodiversity: causes and consequences of the species loss

José Luis Tellería

*Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense-CEI Moncloa
Madrid 28040, España
telleria@bio.ucm.es*

PALABRAS CLAVE: Ciencia de la conservación, Contaminación, Homogenización biológica, Pérdida de hábitat, Servicios ambientales, Sobreexplotación

KEY WORDS: Biotic homogenization, Conservation science, Environmental services, Habitat loss, Overexploitation, Pollution.

RESUMEN

Como advertía Otto Frankel hace cuarenta años, “las especies salvajes, crecientemente amenazadas por la pérdida de hábitats, dependerán de una organizada protección de su supervivencia. A largo plazo, esto es sólo posible si se las mantiene en continua evolución dentro de sus comunidades naturales...”. Este objetivo es difícil si atendemos al creciente impacto de la expansión del hombre sobre el planeta (destrucción de hábitat, homogenización biótica, contaminación...) con sus negativas secuelas sobre la biodiversidad. Un problema adicional para evaluar la verdadera dimensión de este impacto es la falta de información básica sobre la diversidad taxonómica de las especies, su distribución y tendencias numéricas por falta de investigación básica y seguimiento. En cualquier caso, la información disponible es preocupante. La UICN considera amenazadas al 36% de las 48.000 especies evaluadas hasta el 2010 y el Living Planet Index (WWF-UNEP), que sintetiza la evolución de 5000 poblaciones de 1700 especies de vertebrados en todo el mundo, registra un declive medio del 40% en los últimos 30 años. Se conoce todavía mal la forma en que la pérdida de especies afecta a la resiliencia de los ecosistemas, aunque diferentes estudios demuestran que suelen asociarse con pérdidas graduales o repentinas de funcionalidad según las circunstancias. La presencia de muchas especies en un grupo funcional dado puede impedir que la desaparición de alguna de ellas tenga consecuencias inmediatas e irreversibles. Por eso, como indicaba Norman Myers hace treinta años, puede ser tan incorrecto mantener que cada especie es siempre una parte esencial en el funcionamiento de un ecosistema como defender que se pueda extinguir con impunidad.

ABSTRACT

Forty years ago, Otto Frankel wrote that “wild species, increasingly endangered by loss of habitats, will depend on organized protection for their survival. On a long term basis this is feasible only within natural communities in a state of continuing evolution...”. This is a difficult aim if we realize the growing human impact on Earth (habitat loss,

biotic homogenization, pollution...) and their negative effects on biodiversity. An additional problem to assess the true dimension of this impact is the lack of knowledge on the taxonomic diversity, distribution and numerical trends of most species by the lack of research and monitoring. Despite these shortcomings, the information available is worrying. According to the IUCN, 36% of the 48.000 assessed species were endangered in 2010, and data provided by the Living Planet Index (WWF-UNEP) report a mean decrease of 40% in the abundance of 5000 populations of 1700 vertebrate species monitored during the last 30 years. The way the loss of species affects ecosystem resilience and functionality is not yet fully understood, but several studies have reported gradual or sudden losses of functionality. The presence of many functionally equivalent species within one ecosystem will retard immediate or irreversible ecological effects. Thus, according to Norman Myers, it is probably so incorrect to accept that each individual species is always an essential part of each ecosystem, as to maintain that species can be destroyed with impunity.

1. INTRODUCCIÓN

La crisis de biodiversidad que hoy padecemos tiene ciertas similitudes con lo ocurrido en el pasado cuando desaparecieron de forma relativamente rápida grupos enteros de organismos (LEAKEY & LEWIN, 1995). Pero las extinciones de hoy difieren de lo ocurrido en otras épocas. Mientras que aquellas fueron provocadas por perturbaciones naturales (cambios climáticos, orogenias, impacto de meteoritos...) ahora es el hombre el principal inductor de los cambios por causa de su expansión numérica y creciente demanda de recursos. Ha aumentado tanto su capacidad para modificar voluntaria, profunda e irreversiblemente cualquier lugar del planeta que hoy son las decisiones políticas y no los impedimentos técnicos los que limitan -cuando lo hacen- su capacidad destructiva. Somos la causa y posible solución de un problema que, lejos de tener una salida científica o técnica, deberá abordarse a través del cambio de los fundamentos sociales, económicos y filosóficos de nuestra propia existencia (CALLICOTT *et al.*, 1999). Por lo tanto, la conservación de la biodiversidad trasciende a la capacidad de la investigación biológica por más que, desde hace décadas, ésta se esfuerce en responder a este reto proponiendo soluciones y nuevas aproximaciones (EHRENFELD, 1970, SOULÉ, 1985).

En 1992 se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo donde se estableció el Convenio sobre Diversidad Biológica. En él se introdujeron nuevos conceptos y obligaciones al propugnarse la conservación de la diversidad biológica o biodiversidad (GASTON, 1995), el uso sostenible de sus componentes y el reparto justo y equitativo de sus beneficios. Se abrió así una nueva etapa en la conservación del planeta caracterizada por la creciente implicación de los agentes sociales, una sucesión de importantes acuerdos internacionales y la propuesta de orquestar cambios a escala planetaria (los denominados Objetivos del Milenio, establecidos en Nueva York en 2001). La preocupación por la pérdida de especies forma parte de este panorama ya que invita a preguntarnos si su desaparición puede aumentar la fragilidad de los ecosistemas o reducir los servicios de los sistemas ambientales de los que dependemos (Tabla I). Una inquietud que no difiere mucho de nuestra preocupación por la disponibilidad de otros recursos más convencionales en un

planeta finito donde nuestra población sigue creciendo (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Tabla I. Servicios prestados por los ecosistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003).

- Services provided by ecosystems (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003)

<i>Servicios básicos:</i>	producción primaria, ciclo de nutrientes, formación de suelos ...
<i>Productos:</i>	alimento, madera, combustibles, fibras, productos químicos, recursos genéticos...
<i>Regulación ambiental:</i>	regulación climática, regulación de plagas y enfermedades, regulación hídrica, purificación del agua, purificación del aire...
<i>Servicios culturales:</i>	servicios espirituales, recreación, turismo, educación, herencia cultural, información científica...

2. TIPOLOGÍA DE LAS PERTURBACIONES HUMANAS

En los nuevos escenarios modificados por el hombre sobreviven las especies preadaptadas a las nuevas condiciones o las capaces de evolucionar con la rapidez exigida (MORITZ, 2002). El resto, la mayoría, son arrinconadas primero y eliminadas luego víctimas de una progresiva acumulación de perturbaciones. En tal situación y como nos advertía hace ya cuarenta años OTTO FRANKEL (1974), uno de los padres de la biología de la conservación, “las especies salvajes, crecientemente amenazadas por la pérdida de hábitats, dependerán de una organizada protección de su supervivencia. A largo plazo, esto es sólo posible si se las mantiene en continua evolución dentro de sus comunidades naturales...”.

El catálogo de perturbaciones humanas responsables de la desaparición de las especies no ha cambiado demasiado a lo largo de la historia (Tabla II).

Tabla II. Principales amenazas para la supervivencia de las especies (WWF, 2010)

- Major threats to species survival (WWF, 2010)

<i>Pérdida, degradación y fragmentación de los hábitats:</i>	expansión agrícola, actividades extractivas (deforestación, minería...), acuicultura industrial, desarrollo urbano, infraestructuras, erosión, fuegos.
<i>Sobreexplotación de especies silvestres:</i>	caza y recolección, explotación legal e ilegal por encima de la capacidad de reposición de las poblaciones.
<i>Contaminación:</i>	uso excesivo de pesticidas, efluentes mineros, industriales y urbanos, exceso de fertilizantes.
<i>Cambio climático:</i>	debido al vertido creciente de gases de efecto invernadero resultados de la actividad industrial y de la destrucción de los bosques.
<i>Especies invasoras:</i>	propagadas inadvertidamente por todo el planeta y que se convierten en competidoras, depredadoras o parásitas de las forma nativa.
<i>Factores intrínsecos de las especies:</i>	pobre dispersión, pobre reclutamiento, especialización...

Sí lo ha hecho, sin embargo, su importancia relativa, la progresiva acumulación de sus efectos y la constante aparición de sinergias dañinas no siempre evidentes (SUTHERLAND & WOODROOF, 2009). Hemos pasado de representar un humilde papel de primate cazador-recolector a convertirnos en un

ubicuo agente de cambio ambiental responsable del denominado cambio global (HOLLING, 1986). Repasemos las principales perturbaciones:

2.1. *Sobreexplotación*

La explotación de las plantas y animales parecer ser tan antigua como nuestra propia historia. El registro fósil revela una desaparición masiva de grandes mamíferos en el Pleistoceno (50.000-10.000 años a.c.). El tamaño de las especies afectadas y la expansión coetánea del hombre parecen apoyar la hipótesis de que fue debida a una cadena de extinciones parcialmente inducidas por nuestros antepasados (KOCH & BARNOSKY, 2006). Esta actividad recolectora continúa hoy. En unos casos, es una explotación de subsistencia practicada por poblaciones rurales empobrecidas. Su impacto puede ser grande en ciertas especies si atendemos a las estimas sobre el consumo de la llamada “carne de monte”. En la Amazonía Brasileña se cazan entre 67.000 y 164.000 toneladas de animales salvajes cada año y en las selvas centroafricanas se extraen entre 1 y 3,4 millones de toneladas de esta carne. Los tapires, primates y ciertos antílopes son los objetivos más codiciados pero, cuando son esquilados, la actividad cinegética se desplaza a otras especies menores (MILNER-GULLAND *et al.*, 2003). En otros casos, se trata de una actividad comercial dirigida a la explotación industrial de ciertas especies codiciadas por su valor de mercado. Su eficacia extractiva puede ser tan grande que, de no regularse adecuadamente, termina por esquilmar a las poblaciones afectadas. Un caso espectacular por sus implicaciones ambientales y socio-económicas es la abusiva explotación de las poblaciones de peces. En 1950, más de la mitad de las pesquerías mundiales estaban aparentemente inalteradas. Pero, a partir de los años 70, con el inicio de una explotación intensiva, tecnificada y planetaria de este recurso, comenzó un claro declive de estos animales. En el año 2007 sólo el 20 % de los bancos pesqueros tenían una explotación moderada (FAO, 2009). Es importante resaltar que algunas modalidades de pesca industrial producen grandes daños colaterales sobre la biodiversidad marina: las redes de arrastre dañan los fondos alterando la estructura de las comunidades bentónicas; las redes de deriva capturan especies raras o amenazadas (tortugas, delfines, tiburones...) y el descarte de las especies sin interés comercial produce el deterioro de sus poblaciones y una lluvia de cadáveres que favorece el aumento de las especies necrófagas (GOÑI, 1988). Esto también ocurre en la explotación maderera de muchos bosques donde la tala de los pies más codiciados puede deteriorar al resto de la vegetación.

2.2. *Destrucción del hábitat*

La destrucción sistemática de los hábitats naturales se inicia con el desarrollo de la agricultura y la proliferación de los asentamientos humanos en el Neolítico (10.000 años a.c). A partir de ese momento, se cultivan los valles más fértiles y se desmontan los bosques para crear pastizales útiles para el ganado. Todavía hoy, la “ampliación de la frontera agrícola” constituye una oferta electoral válida en países en los que el fuego y los bulldózer son vistos por muchos como los mejores aliados de su desarrollo. Todos estamos familiarizados con la vertiginosa desaparición del bosque intertropical, donde se han perdido millones de hectáreas en la última década (Tabla III). En unos casos, estas pérdidas se asocian al crecimiento de la población, pero en muchos otros tiene que ver con la expansión de ciertos cultivos (LAURANCE, 2006). Está, además, la expansión urbana, la

actividad minera, la inundación producida por los grandes embalses o el trazado de ferrocarriles, carreteras, oleoductos y tendidos eléctricos con sus secuelas sobre el medio natural. En la información sobre los últimos 20 años destaca, como rasgos más llamativos, la persistente deforestación de Sudamérica, Sudeste Asiático y África (LEPERS *et al.*, 2005; Tabla III), lugares que albergan algunos de los sectores del planeta más ricos en especies (BROOKS *et al.*, 2006).

Tabla III. Cambios de la superficie forestal en diferentes regiones entre 1990 y 2010 (FAO, 2010).

- Regional changes in forest cover from 1990 to 2010 (FAO, 2010)

	Área de bosque*		Tasa de cambio anual	
	1990	2010	Cambio anual*	Tasa anual (%)
África	749.238	674.419	-4.067	-0,56
Asia meridional	325.423	284.373	-2.428	-0,77
Europa con Siberia	989.471	1.005.001	+877	+0,09
Caribe	5.902	6.933	+53	+0,87
Norte y Meso-América	708.383	705.393	-289	-0,04
Oceanía	198.744	191.384	-36	-0,02
Sudamérica	946.454	864.351	-4213	-0,45
Total	4.168.399	4.033.060	-8.323	-0,20

*en miles de ha

2.3. Homogenización biótica

Buena parte del impacto del hombre sobre el planeta previo a la Revolución Industrial se debe a su interés por favorecer a unas pocas especies de plantas (trigo, cebada, garbanzo...) y animales (ovejas, vacas, cabras, caballos...). Con este objeto ha modificado la vegetación, combatido a sus enemigos, monopolizado el agua y contaminado el ambiente con toneladas de vertidos fecales, nutrientes y pesticidas. Hoy el hombre comparte el territorio colonizado con 56.000 millones de animales domésticos, una cantidad que se doblará en el 2050 según las previsiones de la FAO (STEINFELD *et al.*, 2006). Se han generado así sistemas ecológicos intensamente intervenidos que ocupan buena parte del planeta donde, además de prosperar las pocas especies elegidas y los organismos locales preadaptados a estas condiciones, se expanden con facilidad otros polizontes llegados al amparo de la expansión humana. Esta homogenización ambiental, junto con el creciente trasiego de personas y mercancías y el popular interés por mantener animales y plantas exóticos, ha producido un intercambio adicional de especies silvestres entre continentes que pueden alterar el funcionamiento de diferentes procesos ecológicos al competir ventajosamente con los organismos autóctonos y eliminarlos (SIMBERLOFF, 2010). Un repaso al listado de las 100 especies invasoras más impactantes preparado por el Grupo de Especialistas en Especies Invasoras de la UICN (LOWE *et al.*, 2000) aporta algunas tendencias interesantes. En primer lugar, por lo que concierne al tipo de organismos implicados, son las

plantas quienes ocupan el lugar más destacado (suponen el 35% de las especies más perjudiciales) por su capacidad para competir con la vegetación autóctona y tapizar grandes superficies de las áreas invadidas. Les siguen los mamíferos (15% de las especies), por su impacto sobre la vegetación u otros animales, y los insectos (15%), por su devastador efecto sobre los sistemas ecológicos. Pero esta evaluación puede cambiar según el área analizada y los criterios considerados. Por ejemplo, según revisan VILÀ *et al.* (2010), las especies con una mayor variedad de impactos sobre los servicios ecosistémicos en Europa son ciertos vertebrados terrestres (*Branta canadensis*, *Cervus nippon*, *Myocastor coypu*, *Salvelinus fontinalis*...), invertebrados acuáticos (*Dreissena polymorpha*, *Procambarus clarkii*, *Balanus improvisus*), algunas plantas (*Oxalis pes-caprae*) y ciertas algas (*Codium fragile*, *Undaria pinnatifolia*). Algo parecido podría decirse de la expansión y efectos de las enfermedades infecciosas en un mundo cambiante e interconectado, con sus preocupantes secuelas sobre la conservación de las especies (SMITH *et al.*, 2009).

2.4. Contaminación y catástrofes

La producción de desechos ha aumentado exponencialmente al crecer la población humana y consagrarse, con la Revolución Industrial (finales del siglo XVIII), un modelo de desarrollo basado en el uso creciente de recursos mineros. Nuestra actual capacidad para domeñar a la naturaleza y expandir las fronteras del sistema ecológico que nos alberga se basa en el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo...) que, desde hace décadas, está descargando en la atmósfera descomunales cantidades de CO₂ y otros compuestos nocivos (N₂O, CH₄). Esta masiva puesta en circulación del material orgánico fosilizado, está cambiando el clima de forma lenta, global y, tal vez, irreversible (IPCC, 2007). Hoy hay ya evidencias sólidas de un calentamiento del planeta atribuible a esta actividad, de sus efectos directos sobre muchas especies (retracción o extinción local de aquellas propias de ambientes fríos; avance de la sequía en ciertos sectores, etc.; PARMESAN, 2006) y de las sinergias destructivas resultantes de su combinación con otros efectos (Tabla IV). Finalmente, aunque no hemos de ignorar el régimen natural de perturbaciones, con sus catástrofes asociadas (erupciones volcánicas, riadas, etc.), no hay que desconocer el pernicioso efecto de aquellas grandes perturbaciones alimentadas por la actividad humana. El vertido de sustancias contaminantes (como los derrames de los petroleros, el vertido a los ríos de fluidos industriales...), las inundaciones en zonas deforestadas donde el agua fluye sin control, o los incendios de origen humano son buenas muestras del carácter catastrófico de muchas de nuestras actividades.

3. CONSECUENCIAS SOBRE LAS ESPECIES

Es difícil conocer las tasas de desaparición de las especies a escala planetaria por varios motivos. En primer lugar porque, tres siglos después de que el naturalista sueco CARLOS LINNEO (1707-1778) iniciara el inventario de la variedad de especies de nuestro planeta, estamos lejos de conocerla. Hoy sólo se controla razonablemente bien la riqueza de especies y estado de conservación de algunos grupos de grandes animales (Tabla V), pero se desconoce la situación de muchos otros (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). En segundo lugar, porque con este déficit de conocimiento (el denominado *déficit linneano*;

Tabla IV. Área cubierta por los corales y porcentaje de su superficie alterada por amenazas locales y globales (blanqueo por efecto del calentamiento). Se indica también la superficie protegida por reservas marinas (BURQUE *et al.*, 2011).

- Coral reef distribution and percentage of the area affected by local threats and global warming (reef bleaching). The percentage of protected coral reefs is also shown (BURQUE *et al.*, 2011).

Región	Área en Km ²	a) Amenazas locales (%)	b) Estrés térmico (%)	a y b (%)	Superficie protegida (%)
Atlántico	25.849	75	56	92	30
Australia	42.315	14	33	40	75
Océano Índico	31.543	66	50	82	19
Oriente Medio	14.399	65	36	76	12
Pacífico	65.972	48	41	65	13
SE Asia	69.637	94	27	95	17
Global	249.713	61	38	75	27

BROWN & LOMOLINO, 1998), es muy difícil evaluar la importancia relativa de su desaparición por efecto de la acción humana ¿Cómo calcular el número de especies que se extinguen si no sabemos cuantas hay? Aunque las razones de esta situación son múltiples, todas pudieran explicarse por la falta de interés o recursos para afrontar un objetivo tan formidable (CARDOSO *et al.*, 2011). De hecho, muchos lamentamos el declive de los estudios taxonómicos (VALDECASAS, 2011) y los problemas para garantizar su continuidad a través de una docencia especializada en medio de un deterioro rampante de la diversidad biológica de nuestro planeta (DAYTON, 2003). Tenemos que impedir que se extingan los científicos capaces de conocer y describir las especies pues, sin ellos, su desaparición será todavía más invisible e impune. Y, en tercer lugar, porque el todavía limitado esfuerzo de evaluación propiciado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza nos ofrece un panorama alarmante, con cerca de un 40 % de las evaluadas en situación de amenaza (Tabla V).

Desde hace décadas, hay programas de seguimiento periódico de las poblaciones de diferentes especies de vertebrados en diversos lugares del planeta. Los resultados son también demoledores. El Living Planet Index, coordinado por el WWF Internacional y la UNEP-World Conservation Monitoring Center, que sintetiza la evolución de 5000 poblaciones de 1700 especies de mamíferos, aves, anfibios, reptiles y peces en todo el mundo (LOH *et al.*, 2008), registra un declive medio cercano al 40% de esas poblaciones durante los últimos 30 años, con caídas más severas en las especies dependientes del agua dulce. Resulta preocupante constatar que dichas pérdidas se acentúan en latitudes intertropicales, como Sudamérica (-76%), Africa (-19%) y la región Indopacífica (-23%) donde se acumula la mayor diversidad de especies del planeta y donde las agresiones al medio natural parecen perpetuarse (Tabla III). Es esperanzador ver, sin embargo, que en Europa, tras siglos de descaste, se asiste a una recuperación de las poblaciones de las especies objeto de este seguimiento (+30%), una tendencia que también se insinúa en Norteamérica (+3%). Tras años de impacto, el despoblamiento del medio rural, el aumento de las áreas protegidas, el incremento de la conciencia

Tabla V. Estado de conservación de algunos grupos de especies de acuerdo con la información facilitada por la lista roja de la UICN para 2010 (<http://www.iucnredlist.org>). Es interesante comparar en cada grupo el número de especies descritas con el número de evaluadas desde una perspectiva conservacionista y, dentro de éstas, el porcentaje de aquellas que se encuentran amenazadas. Se marca en gris los grupos en los que la evaluación es razonablemente completa.

- Conservation status of several groups of species according to the IUCN red list (2010, <http://www.iucnredlist.org>). It is interesting to compare the number of described vs. evaluated species and, within these, the percentage of endangered species. Grey bands show the groups in which the assessment has been reasonably comprehensive.

	Especies descritas	Especies evaluadas (2010)	Especies amenazadas (2010)	Especies amenazadas vs. descritas (%)	Especies amenazadas vs. evaluadas (%)
Mamíferos	5.490	5.490	1.143	21	21
Aves	9.998	9.998	1.223	12	12
Reptiles	9.084	1.672	467	5	28
Anfibios	6.433	6.284	1.895	29	30
Peces	31.300	4.446	1.414	5	32
Insectos	1.000.000	2.886	740	0,1	26
Moluscos	85.000	2.305	1.037	1	45
Crustáceos	47.000	1.735	606	2	35
Arácnidos	102.248	32	18	0,02	56
Musgos	16.236	93	80	0	86
Helechos	12.000	211	139	1	66
Gimnospermas	1.021	909	322	32	35
Angiospermas	281.821	10.916	7.945	3	73
Líquenes	17.000	2	2	0	100
Hongos	31.496	1	1	0	100
TOTAL	1.740.330	47.978	17.315	1	36

conservacionista y la inversión de recursos dirigidos a reflotar los retazos de las poblaciones amenazadas parecen estar dando sus frutos en ambos subcontinentes.

Pese a todos los problemas arriba expuestos, sería injusto tratar de pasivos a los científicos y gestores implicados en el estudio y la conservación de las especies (CARDINALE *et al.*, 2012). Los grandes proyectos de investigación sobre la diversidad de la vida permanecen vigentes y avanzan en los ambientes más inaccesibles (AUSUBEL *et al.*, 2010); se han incorporados nuevas técnicas analíticas al estudio taxonómico y biogeográfico de las especies (ELITH *et al.*, 2006, HAJIBABAEI *et al.*, 2007); se está usando Internet como gran vehículo de la globalización del conocimiento de la diversidad biológica del planeta (FLEMONS *et al.*, 2007); se diseñan nuevas estrategias de conservación (PEREIRA & COOPER, 2005), se promueve la creación de áreas protegidas (UNEP-WCMC, 2010) y se está desarrollando con rapidez la ecología de la restauración, una disciplina dirigida a recuperar parte del esplendor natural de las áreas perturbadas (HOBBS

& HARRIS, 2001). No se ha descuidado, además, el tradicional maridaje entre científicos y conservacionistas a través de un creciente número de asociaciones ciudadanas implicadas en la conservación de la biodiversidad (WWF, BirdLife, etc.).

4. CONSECUENCIAS DE LA PÉRDIDA DE ESPECIES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS

Las especies son piezas básicas de los ecosistemas. Son responsables de los flujos de materia y energía que configuran la vida en nuestro planeta generando los servicios ambientales básicos de los que dependemos (Tabla I). La progresiva pérdida de estas entidades tiene, por lo tanto, consecuencias evidentes aunque todavía mal cuantificadas. Un estudio en el que se analizó un centenar de investigaciones sobre este aspecto observó que las respuestas variaban en función de los ecosistemas analizados (dominaban los experimentos en pastizales) y las funciones consideradas (se analizaba el efecto de la pérdida de especies sobre la productividad, biomasa, resiliencia...), aunque en un 71% de los casos se detectó algún tipo de relación (SRIVASTAVA & VELLEND, 2005). Entre estos, un 39% de los casos presentaron una relación lineal entre la reducción de especies y la pérdida de la función ecosistémica analizada (la pérdida de una sola especie tendría un efecto medible) mientras que en un 53% de los estudios las funciones ecosistémicas analizadas se desplomaban a partir de un umbral de pérdida de especies (al principio no pasa nada, pero a partir de un número dado de especies desaparecidas se desploma la función ecosistémica analizada). Esto se podría explicar considerando la existencia de grupos de especies que realizan una función ecológica similar (los grupos funcionales) de forma que, sólo cuando se pierde el último representante de un grupo, la función se resiente (MOONEY *et al.*, 1995). Otras aproximaciones basadas en el estudio de las redes ecológicas (grupos de especies que protagonizan una interacción ecológica dada, como las plantas y sus polinizadores o sus dispersantes; BASCOMPTE & JORDANO, 2007) también apoyan la idea de la existencia de grupos funcionales. Por lo tanto, dependiendo de la riqueza de especies en los grupos funcionales de un sistema ecológico, éste será más o menos resiliente. Es decir, más o menos capaz de encajar perturbaciones sin producir cambios en su organización y funcionamiento.

Estas ideas han llevado a clasificar a las especies según su papel en un determinado sistema ecológico. Destacan, por ejemplo, las especies clave (antítesis de las redundantes) que son las que desempeñan un papel fundamental, muy por encima de su abundancia o biomasa, en el mantenimiento del sistema ecológico al que pertenecen (PAINE, 1969). Su desaparición implicará un desajuste sensible, incluso el caos. Se trata, sin embargo, de un concepto relativo pues la condición de una especie dependerá de la existencia de otras especies similares en su mismo grupo funcional en un determinado lugar y momento (después de todo, las comunidades de organismos varían en el espacio y en el tiempo). De esta forma, una especie puede ser redundante (y tal vez prescindible) en un ecosistema rico en especies similares y clave en otro, donde sea la única representante de su grupo funcional. Igualmente, si analizamos la dinámica temporal de los sistemas ecológicos, es posible que una especie redundante en un momento dado termine

por convertirse en clave cuando el ecosistema cambie de estado (GUNDERSON, 2000).

Pudiera concluirse entonces, a la vista de las teorías y evidencias disponibles, que la extinción de una especie no tiene por qué implicar un cambio ambiental inmediato, aunque sí produzca una disminución de la capacidad del sistema ecológico afectado (se pierde una de las especies de un grupo funcional) para afrontar sin consecuencias nuevas extinciones (MARGALEF, 1980, HOOPER *et al.*, 2005). Como indicaba NORMAN MYERS en 1996, parece ser tan incorrecto mantener que cada especie es siempre una parte esencial en el funcionamiento de cualquier ecosistema como defender que se pueda extinguir con absoluta impunidad.

5. COMENTARIOS FINALES

La progresiva pérdida de especies, en la medida en que puede afectar la funcionalidad de los ecosistemas del planeta, es un proceso de consecuencias imprevisibles. Puede privarnos de importantes recursos que, sólo en el capítulo de los servicios ambientales, se calcula que ascienden a muchas veces el PIB de la economía mundial (COSTANZA *et al.*, 1997). Pero puede privarnos, además, de una valiosa información sobre la diversidad de soluciones al problema del mantenimiento de la vida en circunstancias atípicas o extremas, sin entrar en otro tipo de beneficios culturales o espirituales (Tabla I). Sin embargo, a dos décadas de la Conferencia de Río y sus expectativas, las cosas no van bien. Las medidas emanadas de los diferentes tratados internacionales y de la creciente asunción de su importancia para nuestro futuro, son demasiado lentas o ineficaces si atendemos al fiasco de los Objetivos del Milenio para el 2010, en los que se preveía una reducción significativa de la pérdida de biodiversidad para esta fecha (BUTCHARD *et al.*, 2010). En realidad, salvando ciertos enclaves privilegiados por su protección o marginalidad, estamos fracasando en la conservación de la diversidad biológica del planeta. Lo urgente nos impide hacer lo importante con lo que, a día de hoy, seguimos siendo los responsables de la denominada sexta gran extinción (LEAKEY & LEWIN, 1995). Como diría ERNEST MAYR (1997), sorprende lo mucho que nos está costando asumir nuestra responsabilidad en un proceso destructivo que afecta a las otras formas de vida con las que hemos convivido desde nuestros orígenes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo, preparado para el Congreso Nacional de Medio Ambiente (Conama) 2010 por invitación del Prof. Pablo Refoyo y del Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, es una contribución al proyecto CGL 2011-22953 del Ministerio de Economía y Competitividad y al Campus de Excelencia Internacional CEI-Moncloa de la Universidad Complutense de Madrid, Universidad Politécnica y resto de entidades agregadas. Agradezco muy sinceramente los comentarios, correcciones y críticas constructivas de Silvia Abril, Jofre Carnicer, Emili García-Berthou y Francisco I. Pugnaire.

BIBLIOGRAFÍA

AUSUBEL, J.H., CRIST, D.T. & WAGGONER, P.E. 2010. *First Census of Marine Life 2010, Highlights of a Decade of Discovery*. Census of Marine Life International, Consortium for Ocean Leadership. Washington.

Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat., 2ª ép., 10, 2013

- BASCOMPTE, J. & JORDANO, P. 2007. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **38**: 567–593.
- BROOKS, T.M., MITTERMEIER, R.A., DA FONSECA, G.A.B., GERLACH, J., HOFFMANN, M., LAMOREUX, J.F., MITTERMEIER, C.G., PILGRIM, J.D. & RODRIGUES, A.S.L. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science*, **313**: 58–61.
- BROWN, J.H. & LOMOLINO, M.V. 1998. *Biogeography*. Sinauer Press. Sunderland
- BURKE, L., REYSTAR, K., SPALDING, M. & PERRY, A. 2011. *Reef at risk revisited*. World Resources Institute. Washington.
- BUTCHARD, S.H.M., WALPOLE, M., COLLEN, B., VAN STRIEN, A., SCHARLEMANN, J.P.W., ALMOND, R.E.A., BAILLIE, J.E.M., BOMHARD, B., BROWN, C., BRUNO, J., CARPENTER, K.E., CARR, G.M., CHANSON, J., CHENERY, A.M., CSIRKE, J., DAVIDSON, N.C., DENTENER, F., FOSTER, M., GALLI, A., GALLOWAY, J., GENOVESI, P., GREGORY, R.D., HOCKINGS, M., KAPOS, V., LAMARQUE, J.F., LEVERINGTON, F., LOH, J., MCGEOCH, M.A., MCRAE, L., MINASYAN, A., HERNÁNDEZ MORCILLO, M., OLDFIELD, T.E.E., PAULY, D., QUADER, S., REVENGA, C., SAUER, J.R., SKOLNIK, B., SPEAR, D., STANWELL-SMITH, D., STUART, D.S., SYMES, A., TIERNEY, M., TYRRELL, T.D., VIÉ, J-C. & WATSON R. 2010. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, **28**: 1164–1167.
- CALLICOTT, J.B., CROWDER J.B. & MUMFORD, K. 1999. Current normative concepts in conservation. *Conservation Biology*, **13**: 22–35.
- CARDINALE, B.J., DUFFY, J.E., GONZALEZ, A., HOOPER, D.U., PERRINGS, C., VENAIL, P., NARWANI, A., MACE, G.M., TILMAN, D., WARDLE, D.A., KINZIG, A.P., DAILY, G.C., LOREAU, M., GRACE, J.B., LARIGAUDERIE, A., SRIVASTAVA, D.S. & Naeem, S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, **486**: 59–67.
- CARDOSO, P., ERWIN, T.L., BORGES, P.A.V. & NEW, T.R. 2011. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, **144**: 2647–2655.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R.S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**: 253–260.
- DAYTON, P.K. 2003. The importance of the natural sciences to conservation. *American Naturalist*, **162**: 1–13.
- ELITH, J., GRAHAM, C.H., ANDERSON, R.P., DUDÍK, M., FERRIER, S., GUISAN, A., HIJMANS, R.J., HUETTMMANN, F., LEATHWICK, J.R., LEHMANN, A., LI, J., LOHMANN, L.G., LOISELLE, B.A., MANION, G., MORITZ, C., NAKAMURA, M., NAKAZAWA, Y., OVERTON, J.M., PETERSON, A.T., PHILLIPS, S.J., RICHARDSON, K., SCACHETTI-PEREIRA, R., SCHAPIRE, R.E., SOBERÓN, J., WILLIAMS, S., WISZ, M.S. & ZIMMERMANN, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, **29**: 129–151.
- EHRENFELD, D. W. 1970. *Conservación y Biología*. Ed. Interamericana. México.
- FAO 2009. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- 2010. *Global Forest Resources Assessment*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- FLEMONS, P., GURALNICK, R., KRIEGER, J., RANIPETA, A. & NEUFELD, D. 2007. A web-based GIS tool for exploring the world's biodiversity: The Global Biodiversity Information Facility Mapping and Analysis Portal Application (GBIF-MAPA). *Ecological Informatics*, **2**: 49–60.
- FRANKEL, O.H. 1974. Genetic-conservation: our evolutionary responsibility. *Genetics*, **78**: 53–65
- GASTON, K.J., 1995. What is biodiversity? In: K.J. GASTON, Ed. *Biodiversity. A biology of numbers and difference*. Págs. 1–9. Blackwell. Oxford.
- GOÑI, R. 1998. Ecosystem effects of marine fisheries: an overview. *Ocean and Coastal Management*, **40**: 37–64.
- GUNDERSON, L.H. 2000. Ecological Resilience. In Theory and Application. *Annual Review Ecology Systematics*, **31**: 425–439.

- HAJIBABAEI, M., GREGORY, A.C., SINGER, P.D.N. & HICKEY D.A. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics*, **23**: 167-172.
- HANNAH, L., LOHSE, D. HUTCHINSON, C. CARR, J.L. & LANKERANI, A. 1994. A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. *Ambio*, **23**: 246-250.
- HOBBS, R.J., & HARRIS, J.A. 2001. Restoration ecology: repairing the earth's damaged ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, **9**: 239-246.
- HOLLING, C.S. 1986. The resilience of terrestrial ecosystems; local surprise and global change. In: W.C. CLARK & MUNN, R.E., Eds. *Sustainable Development of the Biosphere*. Págs. 292-317. Cambridge University Press. Cambridge.
- HOOPER, D.U., CHAPIN III, F.S., EWEL, J.J., HECTOR, A., INCHAUSTI, P., LAVOREL, S., LAWTON, J.H., LODGE, D.M., LOREAU, M., NAEEM, S., SCHMID, B., SETÄLÄ, H., SYMSTAD, A.J., VANDERMEER, J., WARDLE, D.A. 2005. ESA Report. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, **75**: 3-35.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ Press. Cambridge.
- KOCH, P.L. & BARNOSKY, A.D. 2006. Late quaternary extinctions: state of the debate. *Annual Review Ecology Systematics*, **37**: 215-250.
- LAURANCE, W.F. 2006. Have we overstated the tropical biodiversity crisis? *Trends in Ecology and Evolution*, **22**: 65-70.
- LEAKEY, R. & LEWIN, R. 1995. *La sexta extinción. El futuro de la vida y de la humanidad*, Tusquets Ediciones. Barcelona.
- LEPERS, E., LAMBIN, E.F., JANETOS, A.C., DE FRIES R., ACHARD, F., RAMANKUTTY, N. & SCHOLES, R.J. 2005. A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981-2000. *Bioscience*, **55**: 115-124.
- LOH J, COLLEN, B. McRAE, L. CARRANZA, T.T. PAMPLIN, F.A. AMIN, R. & BAILLIE, J.E.M. 2008. *Living Planet Index in 'Living Planet Report 2008'*. WWF International. Gland.
- LOWE S. J., BROWNE, M. & BOUDJELAS, S. 2000. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species*. IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG). Auckland.
- MARGALEF, R. 1980. *La biosfera. Entre la termodinámica y el juego*. Omega. Barcelona.
- MAYR, E. 1997. *Así es la Biología*. Debate. Barcelona.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT 2003. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Island Press. Washington
- 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute. Washington.
- MILNER-GULLAND, E. J. & AKÇAKAYA, H. R. 2001. Sustainability indices for exploited populations. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**: 686-692.
- MOONEY, H. A., LUBCHENCO, J., DIRZO, R. & SALA, O.E. 1995. Biodiversity and ecosystem functioning: Basic principles. In: V.H. HEYWOOD & R.T. WATSON, Eds. *Global biodiversity assessment*. Págs: 275-325. UNEP y Cambridge University Press.
- MORITZ, C. 2002. Strategies to protect biological diversity and the evolutionary process that sustain it. *Systematic Biology*, **51**: 238-254.
- MYERS, N. 1996. Environmental services of biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **93**: 2764-2769.
- PAINE, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, **103**: 91-93.
- PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual. Review. Ecology Evolution Systematics*, **37**: 637-669.
- PEREIRA, H.M. & Cooper, H.D. 2005. Towards the global monitoring of biodiversity change. *Trends in Ecology and Evolution*, **21**: 123-129.
- SIMBERLOFF, D. 2010. Invasive species. In: N.S. SODHI & P.R. EHRLICH, Eds. *Conservation Biology for All*. Págs. 131-152. Oxford University Press. Oxford.
- SMITH, K.F., ACEVEDO-WHITEHOUSE K. & PEDERSEN A.B. 2009. The role of infectious

- diseases in biological conservation. *Animal Conservation*, **12**: 1-12.
- SOULÉ, M. E. 1985. What Is Conservation Biology? *BioScience*, **35**: 727-734.
- SRIVASTAVA, D. S. & VELLEND M. 2005. Biodiversity-ecosystem function research: is it relevant to conservation? *Annual. Review. Ecology Evolution Systematics*, **36**: 267-294.
- STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., ROSALES, M. & DE HAAN C. 2006. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. FAO. Roma.
- SUTHERLAND, W.J. & WOODROOF, H.J. 2009. The need for environmental horizon scanning. *Trends in Ecology and Evolution*, **24**: 523-527.
- UNEP-WCMC 2010. *A-Z Guide of Areas of Biodiversity Importance*. UNEP-WCMC. Cambridge.
- VALDECASAS, A.G. 2011. Una disciplina científica en la encrucijada: la Taxonomía. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **9**: 9-17.
- VILÀ, M, BASNOU, C., PYSSEK, P., JOSEFSSON, M., GENOVESI, P., GOLLASCH, S., NENTWIG, W., OLENIN, S., ROQUES, A., ROY, D., HULME, P.E. & DAISIE PARTNERS 2010. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology Environment*, **8**: 135-144.

