

CAPÍTULO VI

La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el Neotrópico

GERARDO CEBALLOS, PABLO ORTEGA-BAES

Resumen

La diversidad biológica del planeta se encuentra amenazada por las actividades humanas. La destrucción y fragmentación de ambientes naturales, la sobreexplotación de especies, la introducción de especies exóticas, la contaminación y el cambio climático, son algunos de los problemas que afectan la conservación de la naturaleza. Probablemente miles de especies de plantas y animales se han extinto y cientos de miles más se encuentran en peligro de desaparecer. La extinción de especies es, tal vez, el único problema ambiental verdaderamente irreversible. Las tasas de extinción actuales de vertebrados son 280 veces más altas que las tasas normales. Las especies extintas en los últimos dos siglos deberían haber desaparecido en 28.000 años. La pérdida de poblaciones y especies tiene severos impactos en la estructura y función de los ecosistemas, y en la provisión de servicios ambientales.

Introducción

El número de especies vivientes sería el más grande en la historia del planeta; es decir, nunca antes habrían coexistido tantas especies (Sepkoski 1992, Boero *et al.* 2004; Ceballos *et al.* 2010). Sin embargo, por increíble que parezca, en pleno Siglo XXI la riqueza de especies en la Tierra es aún desconocida, y las estimaciones sobre su magnitud son muy variables. Éstas oscilan entre 5 y 100 millones de especies, de las cuales sólo 1,8 millones han sido científicamente descritas (*e.g.* Ehrlich y Wilson 1991, IUCN 2010).

En las últimas dos décadas el estudio de la diversidad biológica ha resurgido debido al desarrollo de nuevas técnicas de monitoreo y de evaluación molecular, y al estudio de regiones aún inexploradas. Ello ha generado un avance en el conocimiento de la biodiversidad, caracterizado, entre otros factores, por el descubrimiento y descripción de numerosos taxones, especialmente en regiones tropicales y en ambientes sorprendentes por sus condiciones extremas, como las profundidades abisales y el fondo de los mares de la Antártica (*e.g.* Appeltans *et al.* 2010). Este renovado interés en el estudio de la biodiversidad y sus logros ha sido denominado como una “nueva era de descubrimientos” o una “nueva época de oro de la biodiversidad” (Donoghue y Alverson 2000, Ceballos y Ehrlich 2009).

Numerosos taxones están siendo descubiertos cada año entre un amplio espectro sistemático y geográfico. Por ejemplo, el 10% de los mamíferos conocidos han sido descritos

desde 1993 y el 25% de los anfibios solamente en los últimos 11 años (Ceballos y Ehrlich 2009, Köhler *et al.* 2005, respectivamente). Las nuevas especies descritas de estos grupos se distribuyen en todo el planeta, aunque en mayor proporción en las regiones tropicales de los diferentes continentes (Figura 1). Contrariamente a lo esperado, los mamíferos descritos recientemente varían ampliamente en su tamaño corporal y no sólo organismos de pequeña talla, y además pertenecen a un amplio espectro de órdenes taxonómicos, aunque principalmente al orden Rodentia (Ceballos y Ehrlich 2009). Si se considera a otros grupos de organismos menos conocidos y a la vez más diversos, como los insectos, se esperaría que los patrones registrados para mamíferos sean mucho más marcados para otros grupos de organismos, con una tasa de descubrimiento de nuevas especies mucho mayor (Simonetti 2001, Ceballos y Ehrlich 2009, Ceballos *et al.* 2010).

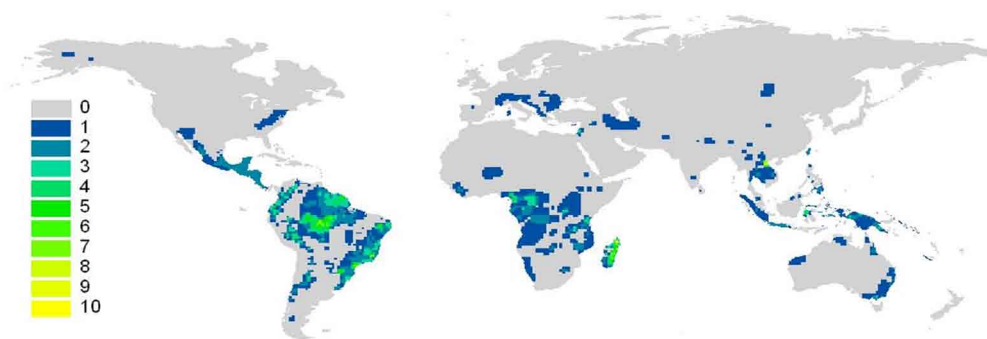


Figura 1. Especies nuevas de mamíferos descritas entre 1993 y 2008. Nótese la concentración de especies en las regiones tropicales (modificado de Ceballos y Ehrlich 2009)

La región Neotropical es probablemente la más diversa a escala global (Mares 1992, Patterson 2000, Ceballos y Simonetti 2002). Mantiene por lo menos a 1.100 especies de mamíferos, 3.000 de aves y 1.700 de anfibios y reptiles (McNeely *et al.* 1990, Mares y Schmidly 1991, Ceballos y Sánchez 1994). Seis países neotropicales (México, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil), se encuentran entre los más diversos del planeta, por lo que están incluidos entre los 17 países megadiversos (Mittermeier *et al.* 1997). México y Brasil son, junto con Indonesia, los países más diversos (Mittermeier *et al.* 1997, Groombridge y Jenkins 2002).

En la Región Neotropical se han reconocido siete “puntos calientes” de biodiversidad (Mesoamérica, el Caribe, Chocó-Darién-oeste de Ecuador, Andes Tropicales, el Cerrado Brasileño, el Bosque Atlántico de Brasil y el centro de Chile), los que tienen prioridad a escala mundial debido tanto a su riqueza de especies y endemismo como también por la alta amenaza que enfrentan (Myers *et al.* 2000). De los cinco centros con mayor diversidad de plantas a escala global, tres se encuentran en el Neotrópico, incluyendo a la región de Costa Rica-Chocó, la región de los Andes Tropicales y la región del este del Brasil (Bar-

thlott *et al.* 2007). La diversidad en esta región muestra un marcado gradiente latitudinal de aumento hacia la zona ecuatorial. Por ejemplo, la riqueza de especies de anfibios, aves y mamíferos de manera conjunta o separada aumenta desde altas a bajas latitudes (Figura 2). La mayor concentración de especies de estos grupos se registra en las regiones de Costa Rica, Chocó-Darién, de los Andes Tropicales y Bosque Atlántico.

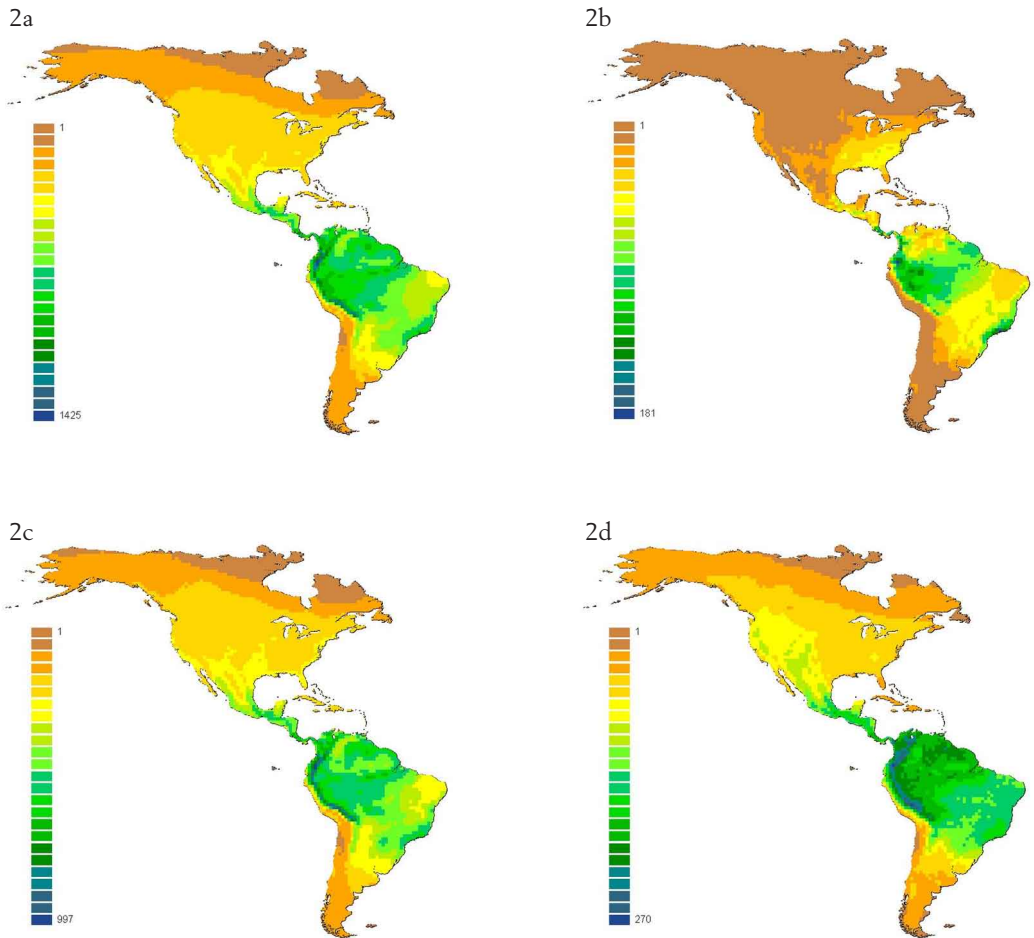


Figura 2. Riqueza de especies de vertebrados en el Neotrópico. a) mamíferos, aves y anfibios en conjunto, b) anfibios, c) aves, d) Mamíferos (fuente de los mapas: Patterson *et al.* 2007, Ridgely *et al.* 2007, IUCN 2009).

1. Amenazas

Desafortunadamente las actividades humanas han causado una severa crisis ambiental a escala mundial, que tiene entre sus consecuencias más severas la pérdida de la diversidad biológica. Este proceso ha sido registrado desde los comienzos de nuestra civilización. La extinción de grandes mamíferos en Norte y Sudamérica ha sido considerada consecuencia del impacto del hombre a través de la caza, la quema y la conversión de la vegetación (Koch y Barnosky 2006). El proceso de modificación del entorno ambiental por actividades antropogénicas fue creciendo a medida que la civilización se expandió por todo el planeta y al continuo crecimiento de la población humana. Esto se ha expresado en la conversión de grandes superficies del planeta para sostener la alimentación y asentamientos en ciudades y poblados, lo que continúa en la actualidad (Primack 2008).

En la actualidad existen numerosas amenazas derivadas de actividades antropogénicas que causan la pérdida de la diversidad biológica. Entre las más relevantes por su magnitud se encuentran la destrucción y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de especies, la introducción de especies exóticas, la contaminación, las enfermedades emergentes y re-emergentes, y el cambio climático global.

1.1. Destrucción y fragmentación de ambientes naturales

Los efectos sobre la cobertura de la tierra se han expresado en la pérdida, fragmentación y degradación de los ambientes naturales, lo que ha significado una pérdida creciente de biodiversidad, tanto a nivel de poblaciones como de especies (véase Grez y Galetto en este volumen para un análisis de los estudios en fragmentación en América Latina). A nivel específico, los rangos geográficos de numerosas especies se han restringido y las poblaciones de muchas de ellas han declinado en número; por lo tanto, algunas especies se han extinto globalmente y otras lo han hecho a escala local (Ceballos y Ehrlich 2002, Primack 2008, IUCN 2010). En el Neotrópico, enormes extensiones de ambientes naturales se han convertido en campos de cultivo (Ceballos y Ehrlich 2002, Foley *et al.* 2005). La Mata Atlántica en la costa este de Brasil ha desaparecido prácticamente, y queda menos del 5% de su extensión original (*e.g.* Brooks *et al.* 1999, Tabarelli *et al.* 2005). Pérdidas similares han ocurrido en otros paisajes, como los bosques secos de Ecuador y Centroamérica, y la selva húmeda en México, y están ocurriendo a tasas alarmantes en regiones como el Cerrado en Brasil (*e.g.* Dodson y Gentry 1991, Mendoza y Dirzo 1999).

El mayor impacto parece estar asociado directamente con el valor productivo de las diferentes regiones. En consecuencia, la biodiversidad que se distribuye en áreas muy productivas se encontraría en mayor riesgo. La conversión de tierras para actividades, como la agricultura, se ha incrementado en los últimos años como consecuencia del avance tecnológico y de variables socioeconómicas. Así, la necesidad de alimentos para sostener la población mundial por un lado y las políticas económicas por otro, han llevado a un incremento de la producción agrícola. En consecuencia, la pérdida de hábitat para las especies continúa y se incrementará salvo que se establezcan políticas socioeconómicas que tengan en cuenta el impacto de las actividades humanas sobre la biodiversidad.

Muchas especies que se distribuyen en regiones de alto valor productivo se encuentran amenazadas, como lo ejemplifica la reducción del rango geográfico de *Passiflora giberti* (Passifloraceae) en la región subtropical de Argentina (Fig. 3; P Ortega-Baes *et al.* datos no publicados). Esta región ha sufrido un constante aumento en la conversión de tierras para agricultura debido a un incremento en los precios internacionales de alimentos como la soja. La pérdida de hábitat para *P. giberti* ha sido continua. Hacia 1976 se había perdido el 3,4% del hábitat disponible a lo largo de su rango geográfico potencial, lo que se incrementó a 15,7% en 2000 y a 25,7% en 2009. Para el zorro *Cerdocyon thous* (Carnivora), la proporción de pérdida es aún mayor (Figura 4). En 1976 había perdido el 11,7% de su distribución en esta región llegando al 44,1% en 2009 (P Ortega-Baes *et al.* datos no publicados).

1.2. Sobreexplotación

Otro de los factores más importantes que ponen en riesgo a numerosas especies es la sobreexplotación de sus poblaciones. El comercio legal e ilegal de especies tiene un efecto severo en las poblaciones de vertebrados. Para mamíferos y aves, lo que se conoce como

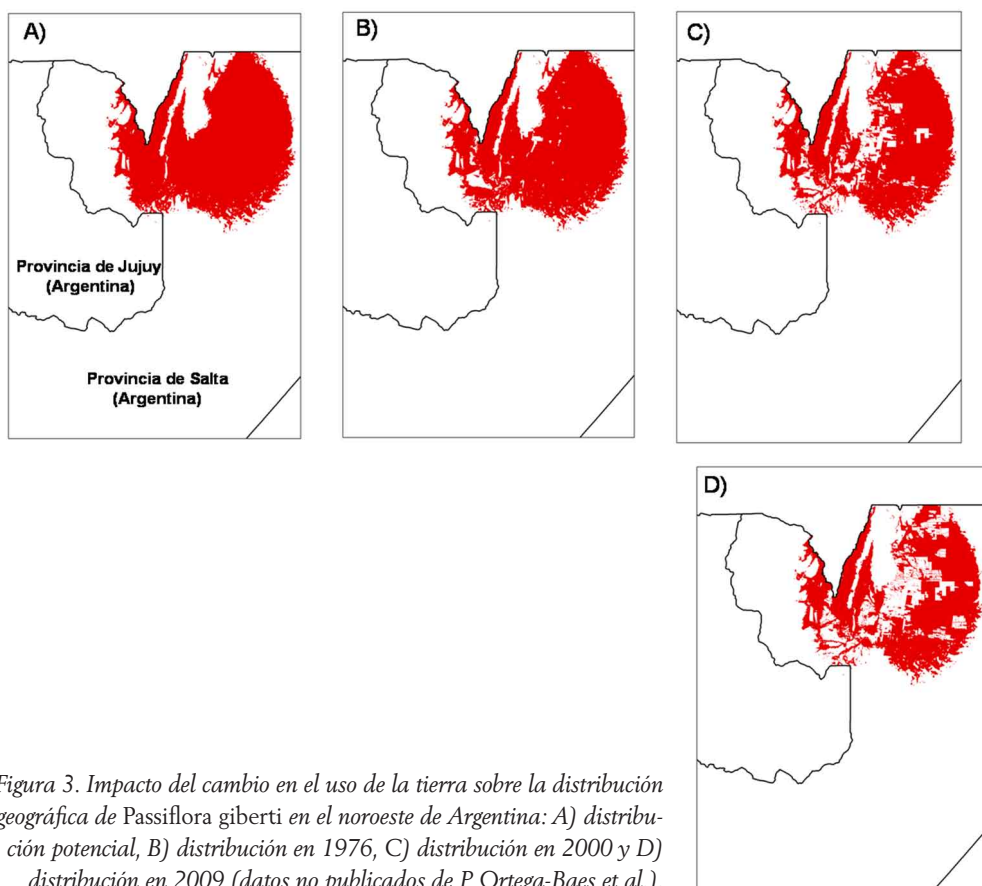


Figura 3. Impacto del cambio en el uso de la tierra sobre la distribución geográfica de *Passiflora giberti* en el noroeste de Argentina: A) distribución potencial, B) distribución en 1976, C) distribución en 2000 y D) distribución en 2009 (datos no publicados de P Ortega-Baes *et al.*).

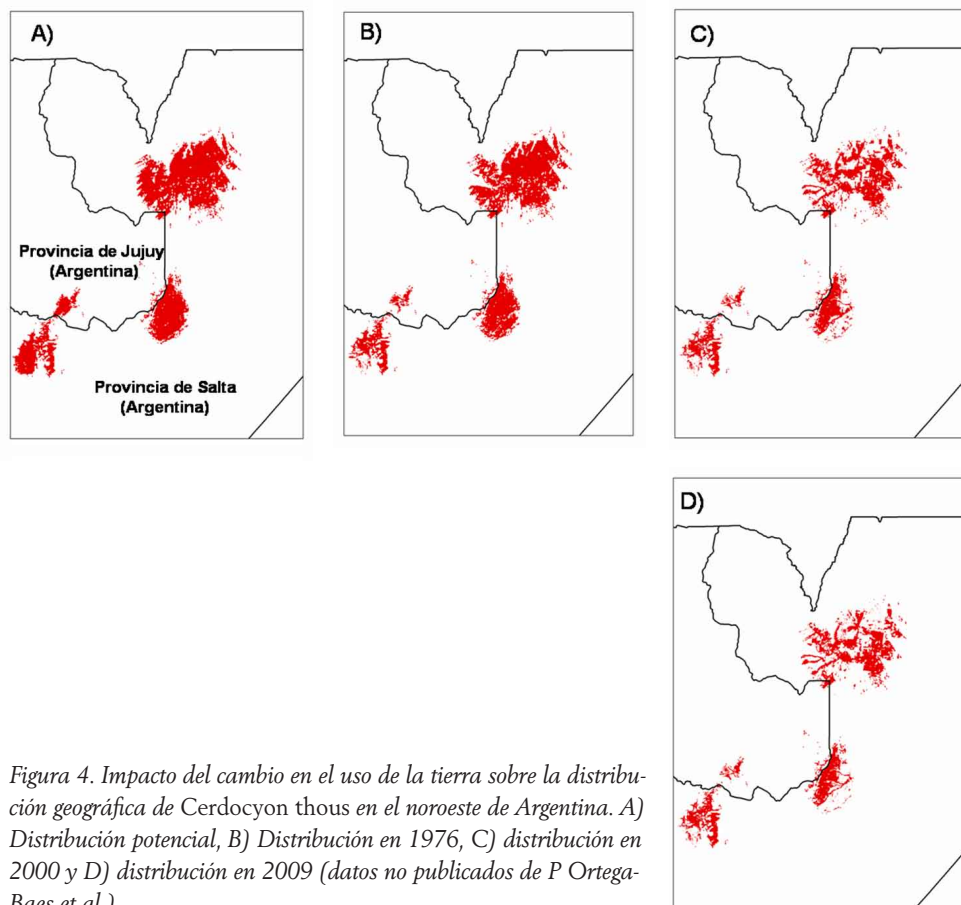


Figura 4. Impacto del cambio en el uso de la tierra sobre la distribución geográfica de *Cerdocyon thous* en el noroeste de Argentina. A) Distribución potencial, B) Distribución en 1976, C) distribución en 2000 y D) distribución en 2009 (datos no publicados de P Ortega-Baes et al.).

carne de monte ha provocado la desaparición de poblaciones en áreas con los ambientes fragmentados pero también en selvas y bosques bien conservados (e.g. Fa et al. 2002). Ha esto se le ha denominado como el síndrome de los “bosques vacíos” (Redford 1992). La desaparición de esas especies tiene severos impactos ecológicos en la estructura y función de los ecosistemas, como dispersión de semillas y herbivoría (Dirzo y Miranda 1990; Pacheco y Simonetti 2000), y en la provisión de ambientales como la protección contra enfermedades emergentes (e.g. Suzan et al. 2009).

Algunas especies al presentar valor de uso se ven afectadas por la colecta, la que en muchos casos es ilegal. Las especies que se ven afectadas por este factor incluyen a aquellas de las cuales se extrae madera, a las especies aromáticas y medicinales, especies ornamentales como los helechos, las cactáceas y las orquídeas, animales que se comercializan como mascotas (aves, reptiles y peces) o se las caza como fuente de carne. La comercialización de algunas especies con valor de uso está regulada por CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna). Las especies amparadas por CITES están incluidas en tres Apéndices. En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio de especímenes de esas especies se autoriza solamente

bajo circunstancias excepcionales. En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia. El Apéndice III incluye las especies que son vulnerables en al menos un país, el que solicita ayuda a otros miembros de CITES para controlar su comercio (CITES 2009). Un grupo de especial interés lo constituyen las cactáceas, una familia de plantas endémica del continente americano con valor de uso como plantas ornamentales, alimenticias, medicinales y como fuente de madera. La mayor presión de colecta sobre las cactáceas es ejercida sobre las especies que se utilizan como ornamentales y de las que se extrae madera (Oldfield 1997, Ortega-Baes *et al.* 2010). En este sentido toda la familia está incluida en el apéndice II de CITES y algunas especies en el Apéndice I. Aunque las cactáceas están amparadas por este acuerdo internacional y algunos países poseen normas que las protegen, la colecta y la comercialización ilegal siguen siendo una de las amenazas más importantes para estas especies junto con el cambio en el uso de la tierra (Ortega-Baes *et al.* 2010). Situaciones similares ocurren con otras especies de plantas ornamentales como helechos y orquídeas.

1.3. *Introducción de especies exóticas*

Otro problema que enfrenta la biodiversidad es el efecto de las especies invasoras. Uno de los experimentos de introducción más significativos en el Neotrópico ha sido el de la abeja melera (*Apis mellifera*; Goulson 2003). Esta especie se aprovecha para la producción de miel y en la actualidad forma parte de los sistemas de polinización de numerosas especies de plantas. Esta abeja fue introducida en Norteamérica en 1620. La raza africana, que es sumamente agresiva y ha tenido severos impactos en la fauna nativa, se ha dispersado en todo el Neotrópico desde su introducción en Brasil en 1957. Entre los efectos potenciales de esta especie se pueden citar la competencia con los polinizadores nativos por los recursos florales y por los sitios para anidamiento, la transmisión de parásitos a la fauna nativa y la alteración de los sistemas de polinización de las plantas nativas (Goulson 2003). Otras introducciones que tendrían impactos de importancia para la biota nativa es la de los animales acuáticos exóticos. Por ejemplo, en la Patagonia se han introducido 13 especies de peces exóticos de los cuales diez han establecido poblaciones viables. Ellos incluyen principalmente a especies del orden Salmoniformes, pero también de los órdenes Atheriniformes, Cypriniformes y Siluriformes (Pascual *et al.* 2002). Finalmente, en México se han introducido varias especies de plecos (*Hypostomus* y *Pterygoplichthys*) en la última década, y actualmente en algunas regiones se sacan 100 kilogramos de esta especie, que no tiene valor comercial, por cada kilogramo de especies nativas, lo que ha causado el colapso de varias pesquerías. Sin embargo, la magnitud correcta de su impacto no está bien definida (Mendoza *et al.* 2007).

1.4. *Cambio climático*

Los problemas ambientales que afectan la biodiversidad Neotropical y mundial son acrecentados por los efectos ya visibles del cambio climático. Tales efectos serán mucho más

severos en las siguientes décadas, y el cambio climático será un factor fundamental en la desaparición de ecosistemas, como los arrecifes de coral, la pérdida de especies y poblaciones, la dispersión de enfermedades emergentes y re-emergentes, de especies exóticas, y la ocurrencia de fenómenos climáticos abruptos que pueden incidir negativamente en la biodiversidad (e.g. Thomas *et al.* 2004).

2. Especies extintas

Las extinciones causadas por las actividades antrópicas han recibido el nombre de la “Sexta Extinción Masiva” por su similitud con las cinco extinciones masivas ocurridas en el pasado geológico (Jablonski 1995, Thomas *et al.* 2004, Novacek 2007, Wake y Vredenburg 2008). Sin embargo, este proceso de extinción se diferencia porque su magnitud (expresada en número de especies extintas) es mayor en comparación con los eventos anteriores y ha ocurrido en un tiempo relativamente menor (Ceballos *et al.* 2010). Las tasas de extinción actuales se han estimado con base en la lista más completa de las especies contemporáneas extintas y el peligro de extinción que existe en la actualidad, resumida en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), organismo que ha evaluado el estado de conservación de más de 47 mil especies de plantas y animales (IUCN 2010). El número de especies evaluadas representa, sin embargo, sólo $\approx 2,6\%$ de las especies descritas y $\approx 1\%$ de los posibles 5 millones de especies que habitarían nuestro planeta (Ceballos *et al.* 2010).

De acuerdo a IUCN, a nivel global se han extinto 114 especies de plantas, 78 de mamíferos, 138 de aves, 22 de reptiles, 39 de anfibios y 104 de peces desde el año 1500. El problema de la extinción de especies en el Neotrópico es importante. Al menos 17 especies de plantas y 82 de vertebrados están extintos en la región (Tabla 1). Existen alrededor de 38 especies de mamíferos extintos, que incluyen a especies como el ratón de la isla Tres Marias en México (*Oryzomys nelsoni*), el ratón de la isla Santa Cruz y Baltra en Galápa-

Tabla 1. Número de especies Extintas, En Peligro Crítico, En Peligro y Vulnerables de plantas, mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces de agua dulce del Neotrópico según IUCN (2010). Entre paréntesis se indica el porcentaje de cada grupo en el total de especies listadas.

	Extintas	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
Plantas	17 (0,3)	499 (10,0)	1140 (22,7)	1997 (39,8)
Mamíferos	38 (2,1)	67 (3,8)	114 (6,4)	142 (8,0)
Aves	16 (0,4)	72 (1,8)	150 (3,7)	231 (5,6)
Reptiles	5 (0,6)	36 (4,6)	53 (6,7)	77 (9,7)
Anfibios	8 (0,3)	383 (12,3)	430 (13,8)	302 (9,66)
Peces de agua dulce	15 (3,1)	35 (7,4)	34 (7,2)	94 (19,8)

gos (*Nesoryzomys indefessus*) y la foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*). Entre las 16 especies de aves extintas destacan especies como el carpintero Imperial (*Campephilus imperialis*) de México, el zambullidor de Colombia (*Podiceps andinus*) y posiblemente la guacamaya Spix de Brasil (*Cyanopsitta spixii*) (IUCN 2010). Al presente, se han extinto ocho especies de anfibios, como el sapo dorado (*Incilius periglenes*) de Monteverde en Costa Rica, seis especies de reptiles como *Ameiva major*, y 15 especies de peces como *Algansea barbarta* del centro de México y *Rhizosomichthys totae* del Lago de Tota en Colombia (IUCN 2010).

Es evidente, sin embargo, que dadas las elevadas tasas de destrucción de ambientes naturales y que la mayoría de las especies no están descritas, el número de especies extintas sin documentar seguramente ha sido más alto que las estimaciones actuales. A pesar de estas limitaciones, un estudio reciente de las especies de vertebrados extintos en los últimos dos siglos indica que la tasa de extinción es 280 veces mayor que la tasa natural (*i.e.* extinciones normales) y que los vertebrados extintos en dos siglos deberían haberse extinguido en 28.000 años (Ceballos *et al.* 2010).

3. Especies en peligro de extinción

Aunque algunas especies han mejorado su estado de conservación, la tendencia general es que la situación de amenaza de muchas especies se ha agravado (IUCN 2010). Los datos correspondientes al Neotrópico están indicados en la Tabla 1. Como se puede observar, el mayor porcentaje de especies en peligro crítico se registra en los anfibios con el 12,25%, seguido de las plantas con el 10%. Dentro de las especies clasificadas como En Peligro, el mayor porcentaje se registra en las plantas, con el 22,7% de las especies en esta categoría, seguido por los anfibios con 13,8%. Las plantas (40%) y los peces de agua dulce (20%) son los grupos de organismos con el mayor porcentaje de especies clasificadas como vulnerables. De los grupos completamente evaluados por IUCN, los anfibios presentan el taxón con mayor porcentaje de especies amenazadas en relación con el total de especies del grupo. Tanto en mamíferos como en aves la proporción de especies amenazadas es levemente menor que la registrada a escala global (IUCN 2010).

Las áreas especialmente diversas tendrían prioridad para acciones de conservación en relación con otras que presentan diversidades menores (*e.g.*, “puntos calientes”; Myers *et al.* 2000). Sin embargo, muchas de esas áreas han sido seleccionadas utilizando un solo aspecto de la diversidad como puede ser la riqueza de especies, el endemismo o las especies amenazadas (Orme *et al.* 2005). Si existiera congruencia espacial entre estos aspectos de la biodiversidad, cualquiera de ellos podría ser usado para definir dónde deberían realizarse las acciones de conservación. Sin embargo, existe baja congruencia espacial entre “puntos calientes” de riqueza de especies (áreas con alta riqueza de especies) y “puntos calientes” de especies prioritarias (amenazadas, raras y endémicas; Orme *et al.* 2005, Ceballos y Ehrlich 2006). Esto implica que más de un aspecto de la biodiversidad debe ser utilizado cuando se seleccionan áreas especialmente diversas (“puntos calientes”) para conservación. En este sentido, un aspecto relevante es conocer que regiones concentran el mayor número de especies amenazadas para definir áreas prioritarias para este grupo de

especies focales. Por ejemplo, en el Neotrópico, la mayor riqueza de especies de mamíferos amenazados se localiza en la región de los Andes Tropicales y en el Bosque Atlántico de Brasil.

Estas regiones también albergan áreas con alta concentración de especies de aves amenazadas, a las que debe agregarse la región del Chocó-Darién. Cuando se analizan los patrones de diversidad de vertebrados amenazados, a las regiones indicadas debe sumarse Costa Rica (Figura 5).

4. Extinción de poblaciones

Uno de los problemas más graves de la pérdida de la biodiversidad es la extinción de poblaciones (Hughes *et al.* 1997). La desaparición de poblaciones es el preludeo de la extinción de especies y un componente fundamental de la “Sexta Extinción Masiva” (Ce-

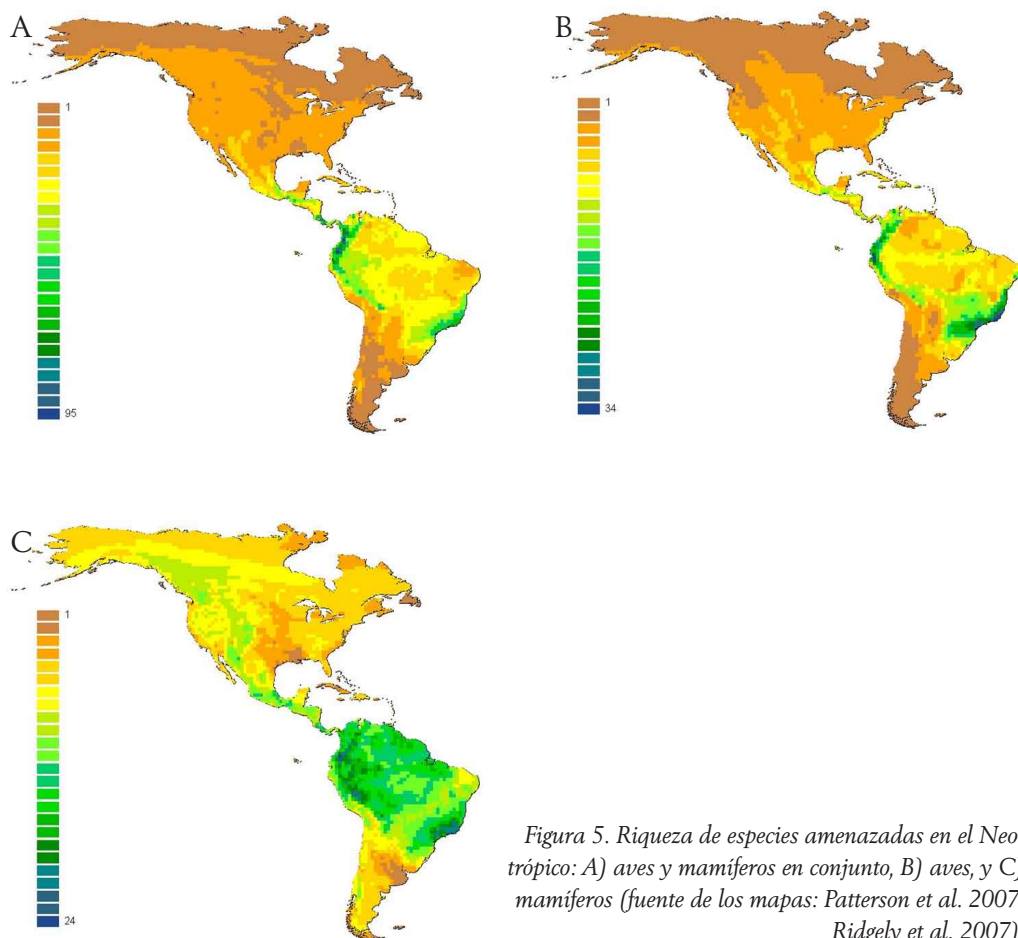


Figura 5. Riqueza de especies amenazadas en el Neotrópico: A) aves y mamíferos en conjunto, B) aves, y C) mamíferos (fuente de los mapas: Patterson *et al.* 2007, Ridgely *et al.* 2007).

ballos y Ehrlich 2002, Ceballos *et al.* 2010). Sin embargo, existe un vacío de información para estimar la tasa de extinción de poblaciones, aun para las especies de los grupos de organismos más conocidos. Una aproximación para conocer la pérdida de poblaciones es estimar la pérdida del rango geográfico de las especies. Un análisis de las poblaciones perdidas de 177 especies de mamíferos de todos los continentes sugiere que la mayoría de las especies han perdido, como mínimo, el 50% de su área de distribución, lo que equivale a la desaparición de más de 116.000 poblaciones (Ceballos y Ehrlich 2002). La evaluación del número de las “poblaciones” de especies consideradas amenazadas en el Neotrópico de mamíferos, aves y anfibios indica que más de 50.000 poblaciones se encuentran en riesgo de desaparecer (Ceballos y Ehrlich 2002).

Comentarios finales

La extinción de especies y poblaciones, como componentes fundamentales de la pérdida de biodiversidad asociada a la “Sexta Extinción Masiva”, representa un problema importante para la Humanidad. Ello por cuanto las poblaciones y las especies proveen servicios fundamentales para el mantenimiento de los ecosistemas que son cruciales para la supervivencia de nuestra especie. En consecuencia, la conservación de la biodiversidad es una cuestión vital para la supervivencia de la humanidad y en la cual deberemos destinar mucho esfuerzo para tratar de recuperar parte del tiempo perdido. Desde esta perspectiva, las discusiones sobre si algunos de los impactos ambientales globales como la “Sexta Extinción Masiva” o el cambio climático son verdaderamente causados por el Hombre son irrelevantes basándonos en el holocausto que estamos causando a la diversidad biológica del planeta.

Referencias

- APPELTANS W, P BOUCHET, GA BOXSHALL, K FAUCHALD, DP GORDON, BW HOEKSEMA, GCB POORE, RWN VAN SOEST, S STÖHR, TC WALTER y MJ COSTELLO (eds) (2010). World register of marine species (www.marinespecies.org).
- BARTHOLOTT W, A HOSTERT, G KIER, W KÜPER, H KREFT, J MUTKE, MD RAFIQPOOR y JH SOMMER (2007) Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Erdkunde* 61: 305-315.
- BOERO F, G BELMONTE, S BUSSOTTI, G FANELLI, S FRASCHETTI, A GIANGRANDE, C GRAVILI, P GUIDETTI, P PATI, S PIRAINO, F RUBINO, OD SARACINO, J SCHMICH, A TERLIZZI y S GERACI (2004) From biodiversity and ecosystem functioning to the roots of ecological complexity. *Ecological Complexity* 1: 01-109.
- BROOKS T, J TOBIAS y A BALMFORD (1999) Deforestation and bird extinctions in the Atlantic Forest. *Animal Conservation* 2: 211-222.
- CEBALLOS G y PR EHRLICH (2002) Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296: 904-907.
- CEBALLOS G y PR EHRLICH (2006) Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103: 19.374-19.379.

- CEBALLOS G y PR EHRLICH (2009) Discoveries of new mammal species and their implications for conservation and ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106: 384-3.846.
- CEBALLOS G y O SÁNCHEZ (1994) Wildlife diversity and conservation in tropical America. En: Balakrishnan M, SW Bie y R Bogstrom (eds) *Tropical ecosystems: a synthesis of tropical ecology and conservation*. Oxford y IBH Publishing Co, Nueva Delhi: 233-262.
- CEBALLOS G y JA SIMONETTI (eds) (2002) *Diversidad y conservación de los Mamíferos Neotropicales*. CONABIO y Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF.
- CEBALLOS G, A GARCIA y PR EHRLICH (2010) The sixth extinction crisis: loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology* 8: 1.821-1.831.
- CITES (2009) *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. (www.cites.org).
- DIRZO R y A MIRANDA (1990) Contemporary Neotropical defaunation and forest structure, function, and diversity - a sequel to John Terborgh. *Conservation Biology* 4: 444-447.
- DODSON CH y AH GENTRY (1991) Biological extinction in western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78: 273-295.
- DONOGHUE MJ y WS ALVERSON (2000) A new age of discovery. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 87: 110-126.
- EHRLICH PR y EO WILSON (1991) Biodiversity studies: science and policy. *Science* 253: 758-762.
- FA JE, CA PERES y J MEEUWIG (2002) Bushmeat exploitation in tropical forests: an intercontinental comparison. *Conservation Biology* 16: 232-237.
- FOLEY JA, R DEFRIES, GP ASNER, C BARFORD, G BONAN, SR CARPENTER, FS CHAPIN, MT COE, GC DAILY, HK GIBBS, JH HELKOWSKI, T HOLLOWAY, EA HOWARD, CJ KUCHARIK, C MONFREDA, JA PATZ, C PRENTICE, N RAMANKUTTY y PK SNYDER (2005) Global consequences of land use. *Science* 309: 570-74.
- GOULSON D (2003) Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, evolution and systematics* 34:1-26.
- GROOMBRIDGE B y MD JENKINS (2002) *World atlas of biodiversity. Earth's living resources in the 21st century*. University of California Press, Berkeley.
- HUGHES JB, GC DAILY y PR EHRLICH (1997) Population diversity: its extent and extinction. *Science* 278: 689-692.
- IUCN (2009) *The IUCN Red list*. (www.iucnredlist.org/technical-documents/spatial-data).
- IUCN 2010. *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1*. (www.iucnredlist.org).
- JABLONSKI D (1995) Extinctions in the fossil record. En: Lawton JH y RM May (eds) *Extinction rates*. Oxford University Press, Oxford: 25-44.
- KÖHLER DR, RM VIEITES, RM BONETT, F GARCÍA, F GLAW, D STEINKE y M VENCES (2005) New amphibians and global conservation: a boost in species discoveries in a highly endangered vertebrate group. *Bioscience* 55: 693 -696.
- KOCH PL y AD BARNOSKY (2006) Late Quaternary extinctions: state of the debate. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 215-250.
- MARES MA (1992) Neotropical mammals and the myth of Amazonian biodiversity. *Science* 255: 976-979.
- MARES MA y DJ SCHMIDLY (eds) (1991) *Latin American mammalogy: history, biodiversity, and conservation*. University of Oklahoma Press, Norman.
- McNEELY JA, KR MILLER, WV REID, RA MITTERMEIER y TB WERNER (1990) *Conserving the world's biological diversity*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, World Resources Institute, Conservation International, World Wildlife Fund-US, y World Bank, Gland y Washington DC.
- MENDOZA E y R DIRZO (1999) Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1.621-1.641.

- MENDOZA RS, S CONTRERAS, C RAMIREZ, P KOLEFF, P ALVAREZ y V AGUILAR (2007) Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70: 1-5.
- MITTERMEIER RA, PR GIL y CG MITTERMEIER (eds) (1997) Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. CEMEX y Agrupación Sierra Madre, México DF.
- MYERS N, RA MITTERMEIER, CG MITTERMEIER, GAB DA FONSECA y J KENT (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- NOVACEK M (2007) Terra: our 100-million-year-old ecosystem--and the threats that now put it at risk. Farrar Straus Giroux, New York.
- OLDFIELD S (1997) Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan. IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland y Cambridge.
- ORME CD, RG DAVIES, M BURGESS, F EIGENBROD, N PICKUP, VA OLSON, AJ WEBSTER, T DING, PC RASMUSSEN, RS RIDGELY, AJ STATTERSFIELD, PM BENNETT, TA BLACKBURN, KJ GASTONY IPF OWENS (2005) Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436: 1.016-1.019.
- ORTEGA-BAES P, S SÜHRING, SJ AJAMA, E SOTOLA, M ALONSO-PEDANO, S BRAVO y H GODÍNEZ-ALVAREZ (2010) Diversity and conservation in the cactus Family. En: Ramawat (ed). *Desert plants: biology and biotechnology*. Springer-Verlag, Berlin: 157-173.
- PASCUAL M, P MACCHI, J URBANSKI, F MARCOS, C RIVA ROSSI, M NOVARA y P DELL'ARCIPRETE (2002) Evaluating potential effects of exotic freshwater fish from incomplete species presence-absence data. *Biological Invasions* 4: 101-113.
- PATTERSON BD (2000) Patterns and trends in the discovery of new Neotropical mammals. *Diversity and Distributions* 6: 145-151.
- PATTERSON BD, G CEBALLOS, W SECHREST, MF TOGNETTI, T BROOKS, L LUNA, P ORTEGA, I SALAZAR y BE YOUNG (2007) Digital distribution maps of the mammals of the Western Hemisphere, version 3.0. NatureServe, Arlington, Virginia.
- PACHECO LF y JA SIMONETTI (2000) Genetic structure of a mimosoid tree deprived of its seed disperser, the Spider Monkey. *Conservation Biology* 14: 1.766-1.777.
- PRIMACK RB (2008) *A primer of Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland.
- REDFORD KH (1992) The empty forest. *Bioscience* 42: 412-422.
- RIDGELY RS, TF ALLNUTT, T BROOKS, DK MCNICOL, DW MEHLMAN, BE YOUNG y JR ZOOK (2007) Digital distribution maps of the birds of the Western Hemisphere, version 3.0. NatureServe, Arlington, Virginia.
- SEPKOSKI JJ (1992) Phylogenetic and ecologic patterns in the Phanerozoic history of marine biodiversity. En: Eldridge N (ed.) *Systematics, ecology, and the biodiversity crisis*. Columbia University Press, Nueva York: 77-100.
- SIMONETTI JA (2001) La biodiversidad de países extratropicales: el caso de Chile. En: Primack R, R Rozzi, P Feinsinger, R Dirzo y F Massardo (eds) *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México DF: Recuadro III.4a: 115-116.
- SUZÁN G, E MARCÉ, JT GIERMAKOWSKI, JN MILLS, G CEBALLOS, RS OSTFELD, B ARMIÉN, JM PASCALE y TL YATES (2009) Experimental evidence for reduced rodent diversity causing increased hantavirus prevalence. *PLoS ONE* 4(5): e5461. doi:10.1371/journal.pone.0005461.
- TABARELLI M, LP PINTO, JMC SILVA, M HIROTA, L BEDÉ (2005) Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic forest. *Conservation Biology* 19: 695-700.
- THOMAS CD, A CAMERON, RE GREEN, M BAKKENES, LJ BEAUMONT, YC COLLINGHAM, BFN ERASMUS, M FERREIRA DE SIQUEIRA, A GRAINGER, L HANNAH, L HUGHES, B HUNTLEY, AS VAN JAARVELD, GF MIDGLEY, L MILES, MA ORTEGA-HUERTA, AT PETERSON, OL PHILLIPS y SE WILLIAMS (2004) Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- THOMAS JA, MG TELFER, MG ROY, CD PRESTON, JJD GREENWOOD, J ASHER, JR FOX, RT CLARKE y JH LAWTON (2004) Comparative losses of British butterflies, birds and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1.879-1.881.

WAKE DB y VT VREDENBURG (2008) Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105: 11.466-11.473.