

EL FUTURO DE LA BIODIVERSIDAD EN LA TIERRA

La importancia de preservar la diversidad filogenética y funcional del planeta

DANIEL SOL

La extraordinaria biodiversidad de la Tierra se encuentra actualmente amenazada por las actividades humanas; principalmente la destrucción de los hábitats naturales, el cambio climático, las especies invasoras y la sobreexplotación. Cada vez más, los ecólogos reconocen que preservar el máximo número de especies no basta. Si queremos preservar ecosistemas funcionales para el futuro y continuar disfrutando de los servicios que nos ofrecen, también hay que proteger la diversidad filogenética y la funcional. Pero para hacerlo no basta con delimitar espacios protegidos, también hace falta que aprendamos a compaginar la explotación de los recursos con la preservación de los elementos clave de la biodiversidad que garantizan la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas.

Palabras clave: cambio global, pérdida de biodiversidad, conservación, rescate evolutivo, rescate plástico.

Explica el ecólogo Robert May (2010) en las páginas de la revista *Science* que si una nave extraterrestre visitara el planeta Tierra, lo que más sorprendería a sus ocupantes es su extraordinaria biodiversidad. «¿Cuántas formas de vida hay en el planeta?», sería una de las primeras preguntas que nos harían. Avergonzados, tendríamos que responder que no lo sabemos seguro, que el número de especies descritas supera el millón y medio, pero que la cifra real podría estar por encima de los 8,7 millones. Seguidamente, tendríamos que explicar a los recién llegados que mucha de esta biodiversidad está desapareciendo rápidamente, a menudo antes de que ni siquiera la podamos documentar. «¿Ha caído últimamente algún meteorito sobre el planeta? ¿Ha cambiado su órbita alrededor del Sol?», nos preguntarían. Avergonzados, otra vez tendríamos que responder que la pérdida actual de biodiversidad no tiene que ver con ninguno de estos fenómenos naturales; que la causa la encontramos en nuestras actividades, que destruyen los hábitats, alteran el clima, facilitan la expansión de especies invasoras y sobreexplotan los recursos. Nuestros amigos extraterrestres se quedarían perplejos: «¿No estáis preo-

cupados por esta pérdida de biodiversidad? ¿Hay alguna forma de detenerla?».

Para mucha gente, la pérdida de biodiversidad no es algo excesivamente preocupante. Más allá de la tristeza que pueda representar la extinción de una especie emblemática (Figura 1), no ven cómo la pérdida de microorganismos, plantas y animales puede afectar a sus vidas. La realidad es muy diferente. Desde hace tiempo sabemos

que la biodiversidad es esencial para nuestro bienestar, y que si continúa desapareciendo puede llegar a poner en peligro nuestro futuro. La impronta de la biodiversidad es apreciable en la gran variedad de medicamentos, alimentos, materiales y otros bienes que obtenemos de la naturaleza.

Todavía más importante, a pesar de que sea menos evidente, es el hecho de que la biodiversidad nos ofrece servicios ecosistémicos sin los cuales nuestra vida en el planeta sería imposible. Estos servicios incluyen, entre muchas otras cosas, la purificación del agua y el aire, la retención y fertilización del suelo, el mantenimiento de condiciones climáticas adecuadas, la polinización de los cultivos, la dispersión de semillas de plantas, el control de plagas y enfermedades, y la mejora de nues-

«La biodiversidad nos ofrece servicios ecosistémicos sin los cuales nuestra vida en el planeta sería imposible»

tra salud. Si queremos continuar disfrutando de estos servicios en el futuro, hay que encontrar fórmulas para evitar que la biodiversidad continúe disminuyendo. Cómo veremos en este artículo, la forma de hacerlo no es nada trivial.

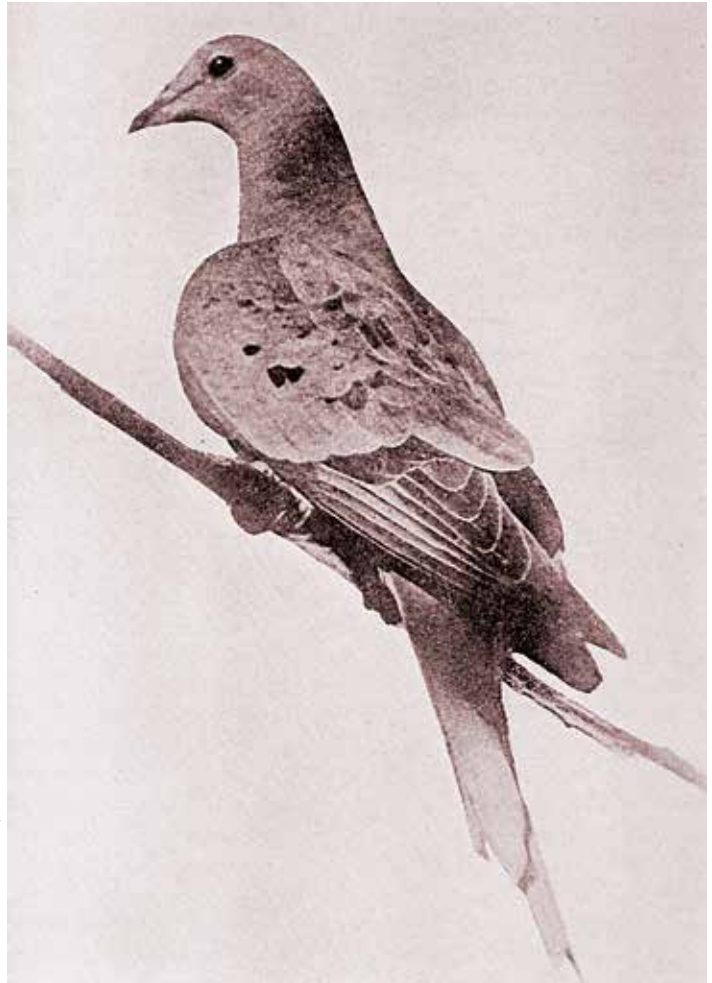
■ ¿TODO LO QUE IMPORTA ES LA RIQUEZA DE ESPECIES?

Un marco teórico para pensar cómo preservar la biodiversidad es la teoría de la biogeografía de islas. Propuesta por Robert MacArthur y Edward Wilson a finales de los años sesenta para explicar la diversidad de especies en islas, la teoría esencialmente nos dice que si asumimos que las especies se comportan de forma parecida (lo que se conoce como «equivalencia ecológica»), los dos factores clave para entender la diversidad en una región son su área y el grado de aislamiento en relación a otras regiones. Las implicaciones para la conservación son obvias: si reducimos y fragmentamos los hábitats, solo por azar la diversidad de especies tendría que disminuir. Y, de hecho, esto es lo que se observa. Si fragmentamos un hábitat, como se ha hecho en numerosos experimentos (Ferraz et al., 2003), las parcelas más pequeñas tienden a contener menos especies.

La teoría de la biogeografía de islas ha influido mucho en la percepción general según la cual lo que hay que conservar es la riqueza de especies. Si las especies son ecológicamente equivalentes, los esfuerzos de conservación se tendrían que centrar en preservar el máximo número de especies. Como la riqueza de especies está desigualmente distribuida a lo largo del planeta, las alteraciones ambientales provocadas por los humanos no tendrán el mismo efecto en todas las regiones. Este debería ser más grande en regiones que contienen más especies endémicas, especies que no se hallan en ningún otro lugar del planeta. Desde este punto de vista, el impacto de las actividades humanas sobre la diversidad global dependerá de cómo afecten a las regiones tropicales y subtropicales (incluidas las regiones mediterráneas), las llamadas «regiones calientes» del planeta que concentran la mayor diversidad de endemismos.

■ UNA MIRADA AL PASADO EVOLUTIVO

Recientemente, los ecólogos han empezado a plantearse si centrarse en la riqueza de especies es suficiente para preservar la biodiversidad. Uno de los debates más controvertidos se ha centrado en la importancia de la historia evolutiva. Sabemos que, a lo largo de su historia, algunos linajes se han diversificado más que otros, ya sea porque han acumulado especies más rápidamente, porque



R. W. Shufeldt (1921). Dominio público

Figura 1. Martha, el último individuo de paloma migratoria americana, murió en el zoo de Cincinnati en 1914. Durante el siglo XIX, esta especie se consideraba la más abundante del planeta, con una población estimada entre 3.000 y 5.000 millones de individuos. La extinción de esta paloma se atribuye a la destrucción de sus hábitats y, sobre todo, a la caza intensiva para alimentar esclavos y también por deporte. En un concurso de caza, el ganador llegó a matar a más de 30.000 individuos.

«El impacto de las actividades humanas sobre la diversidad global dependerá de cómo afecten a las regiones tropicales y subtropicales»

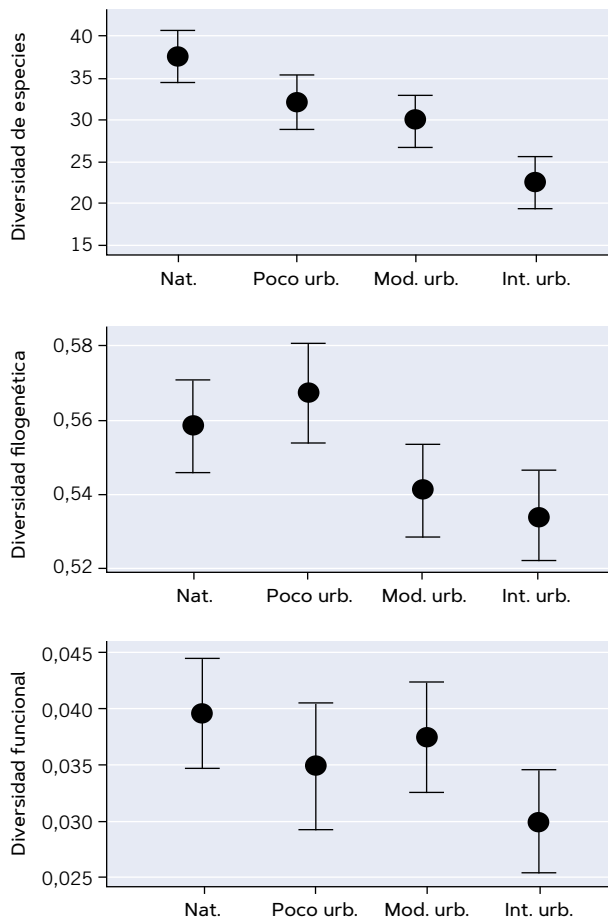


Figura 2. Pérdida de biodiversidad en pájaros a lo largo de gradientes de urbanización de diferentes regiones del planeta. Como puede observarse, esta pérdida no solo afecta al número de especies (diversidad taxonómica), sino también a la diversidad filogenética (referente a la historia evolutiva de las especies; es decir, al tiempo que hace que las especies se separaron) y la funcional (referente a las distintas funciones que tienen los organismos dentro de los ecosistemas). Las diversidades filogenética y funcional se han estimado mediante entropía cuadrática, y representan la probabilidad (de 0 a 1) de que dos especies de la comunidad escogidas al azar sean, respectivamente, filogenéticamente cercanas o funcionalmente similares.

Abreviaturas:

Nat. = Hábitat natural

Poco urb. = Poco urbanizado

Mod. urb. = Moderadamente urbanizado

Int. urb. = Intensamente urbanizado.

FUENTE: Sol et al. (2017)

«Los ecólogos han empezado a plantearse si centrarse en la riqueza de especies es suficiente para preservar la biodiversidad»

han sufrido menos extinciones o por una combinación de ambos procesos. Así pues, mientras algunas especies están emparentadas con otras muchas, hay especies que son las únicas representantes vivas de linajes enteros. El resultado es que la extinción de una especie no siempre tiene el mismo impacto sobre la pérdida de historia evolutiva.

En los últimos años se han acumulado evidencias que indican que la destrucción de los hábitats naturales no solo reduce la diversidad de especies, también reduce la diversidad de especies evolutivamente distintas (Figura 2). La diversidad filogenética se puede medir sumando el tiempo en que las especies del ecosistema se separaron entre ellas durante su historia evolutiva. Si las especies se separaron hace mucho tiempo, la diversidad filogenética será más grande que si se separaron hace poco. Comparando la diversidad filogenética entre áreas urbanizadas y áreas adyacentes no urbanizadas, es posible obtener estimaciones crudas de la pérdida de historia evolutiva asociada a la urbanización. En aves, estas estimaciones indican que los entornos altamente urbanizados soportan una media de 450 millones de años menos de historia evolutiva que los entornos naturales circundantes (Sol, Bartomeus, González-Lagos y Paivone, 2017). Aún no está muy claro por qué las especies evolutivamente más distintas son las primeras que desaparecen cuando se altera su hábitat, pero el hecho de que no hayan tenido demasiado éxito evolutivo quizás indica que no están bastante preparadas para afrontar los cambios ambientales.

■ LA FALACIA DE LA EQUIVALENCIA ECOLÓGICA

Las especies no solo difieren en su historia evolutiva, también en el papel que tienen en el ecosistema. Desde hace tiempo sabemos que algunas especies tienen más influencia en el funcionamiento del ecosistema que otras. Las hay que incluso actúan como verdaderas ingenieras del ecosistema, puesto que contribuyen a crear, mantener y alterar los hábitats donde viven. En la región del Serengeti (Tanzania) coexisten 29 especies de herbívoros, pero el funcionamiento del ecosistema depende principalmente de una única especie: el ñu (Figura 3). Los más de 1,4 millones de ñus que migran a través de la región mantienen la vegetación baja y reducen el riesgo de incendio, lo cual modifica la dinámica del ecosistema (véase más adelante).

La asunción de la equivalencia ecológica de la biogeografía de islas no es, por tanto, un marco teórico suficiente para proteger la biodiversidad. Los organismos no se comportan de forma equivalente, sino que tienen funciones diferentes dentro de los ecosistemas. Dicho

de otro modo, ocupan nichos diferentes. Esto nos lleva al concepto de *diversidad funcional*, es decir, la idea de que los rasgos funcionales de las especies también importan y se tienen que proteger. Pensemos en el tamaño y forma del pico de las aves. Un pico fino y curvado, como el de algunos colibríes, permite explorar el néctar de las flores y, al hacerlo, ayuda a polinizar las plantas. Un pico corto y fino permite atrapar insectos al vuelo, y contribuye a controlarlos. Si en un ecosistema desaparece alguno de estos rasgos funcionales, el funcionamiento del ecosistema se puede ver gravemente afectado.

■ LOS ORGANISMOS ANTE LAS ALTERACIONES HUMANAS

La teoría de nichos nos dice que las adaptaciones de los organismos determinan dónde pueden vivir y qué función tienen en el ecosistema. La teoría se fundamenta en la idea de que la selección natural ajusta el fenotipo de los organismos (es decir, su morfología, fisiología y comportamiento) a los ambientes que encuentran más frecuentemente. Cuando el entorno cambia, se produce un desajuste entre el fenotipo y el ambiente que puede llevar a la extinción por maladaptación. La maladaptación es una de las causas principales de extinción de especies. Un análisis reciente de Alberti y colaboradores (Alberti, Marzluff, y Hunt, 2017) indica que las tasas de cambio fenotípico –indicadoras de desajustes adaptativos– son considerablemente más grandes en ambientes alterados por las actividades humanas que en entornos naturales. Aun así, sabemos que no todas las especies sufren cuando se altera el entorno. A algunas, de hecho, les va incluso mejor. La pregunta que nos podemos hacer es cómo lo hacen estas especies para hacer frente a alteraciones de su nicho que generan maladaptación en otras especies.

Uno de los descubrimientos más relevantes que han hecho los biólogos evolutivos desde que Darwin y Wallace propusieron la teoría de la selección natural es la constatación de que el proceso de adaptación puede ser mucho más rápido de lo que se pensaba. Esto ha llevado a sugerir el concepto de *rescate evolutivo* (Bell, 2017), la idea de que la selección natural puede rescatar poblaciones que experimentan un cambio en el ambiente y favorecer aquellas variantes genéticas que funcionan mejor en el nuevo escenario. Un ejemplo clásico es la evolución del melanismo en la mariposa *Biston betularia*: los individuos oscuros son raros en condiciones naturales, pero se convierten en dominantes en las áreas



Figura 3. Cada año, más de 1,4 millones de ñus se desplazan unos 1.000 kilómetros entre Tanzania y Kenia en lo que se conoce como «la gran migración». Este viaje dura meses y está lleno de peligros (muchas especies depredadoras están al acecho). A pesar de que hay varias teorías sobre por qué los ñus de esta región emprenden este largo recorrido, es indudable su impacto en la sabana, puesto que el paso de los ñus mantiene la vegetación baja y reduce el riesgo de incendio. En este sentido, su papel es esencial para el funcionamiento del ecosistema. En la imagen, una manada de ñus en la reserva de Masai Mara, en Kenia.

industriales donde el color oscuro les proporciona un mejor camuflaje ante los depredadores (Cook, Grant, Saccheri y Mallet, 2012).

A pesar de que las evidencias de que la selección natural puede facilitar el rescate evolutivo son irrefutables, hay más dudas de que este sea el mecanismo principal que permite a algunos organismos afrontar las alteraciones causadas por las actividades humanas. Una razón es que estas alteraciones ocurren muy rápidamente y comportan retos que pueden ser muy diferentes de los que habitualmente encontramos en la naturaleza, lo que puede dificultar la adaptación. Las dificultades de adaptación son particularmente grandes para los organismos de vida larga, como son muchos vertebrados. Un tiempo largo de generación retrasa la acumulación de mutaciones beneficiosas y hace que los cambios en las frecuencias alélicas se produzcan más despacio, lo que limita la posibilidad de respuestas evolutivas rápidas.

Un mecanismo alternativo al rescate evolutivo es la plasticidad fenotípica, la capacidad de los organismos de expresar diferentes fenotipos en diferentes contex-



tos. En los animales, la plasticidad de comportamiento es particularmente relevante. Mediante el aprendizaje, por ejemplo, los animales pueden desarrollar nuevos comportamientos y mejorar los comportamientos ya establecidos para afrontar una gran diversidad de retos, como por ejemplo decidir dónde es mejor vivir, acceder a nuevos tipos de alimentos o hacer frente a nuevos enemigos (Figura 4). En vertebrados, esta capacidad de aprendizaje se relaciona con una probabilidad más grande de sobrevivir a cambios rápidos en el entorno (Sol, Duncan, Blackburn, Cassey y Lefebvre, 2005; Sol et al., 2012).

■ PÉRDIDA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Si las especies del planeta difieren en el grado en que están equipadas para responder a los cambios, y si la mayoría responde mal a estos, la conclusión es que la biodiversidad del planeta no solo se está convirtiendo en una versión reducida de ella misma, también está cambiando en su composición funcional (Figura 2). A los rasgos funcionales que, como la plasticidad, protegen a los organismos de los cambios en su nicho se les conoce como «rasgos de respuesta», para distinguirlos de los rasgos funcionales que afectan al funcionamiento de los ecosistemas. La relación entre rasgos de respuesta y rasgos de efecto todavía no está clara, pero es probable que sea estrecha. Esto significa que los cambios en la composición funcional asociados a las actividades humanas también pueden comportar cambios en el funcionamiento de los ecosistemas y, en consecuencia, en los servicios ecosistémicos de los que las sociedades humanas dependemos (Díaz y Cabido, 2001). Algunos de estos servicios ecosistémicos dependen de la abundancia de las especies. El secuestro de carbono, la fertilidad del suelo o la regulación del agua que hacen los bosques depende de las especies más abundantes. Otros servicios dependen del rango de variación en los rasgos funcionales. La diversidad de cultivos protege de las plagas y permite obtener alimentos en diferentes condiciones ambientales y en diferentes periodos del año. Finalmente, algunos servicios dependen de ciertos rasgos que no son particularmente frecuentes. Por ejemplo, la majestuosa melena de los leones, junto con su gran tamaño y agresividad, han convertido a esta especie en uno de los atractivos turísticos más importantes de África (Figura 5).

«Las áreas protegidas tienen que ser grandes y estar muy conectadas entre ellas, pero esto raramente pasa»

■ BIODIVERSIDAD Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS

Perder diversidad funcional no solo implica perder servicios ecosistémicos, también pone en peligro el funcionamiento de los ecosistemas y su estabilidad a lo largo del tiempo. Entender cómo la pérdida de biodiversidad puede afectar al funcionamiento de los ecosistemas no es una tarea sencilla, puesto que la relación entre biodiversidad y funcionamiento del ecosistema no es lineal. Las especies dentro de los ecosistemas interactúan entre ellas de formas diferentes y con varias intensidades, y crean así redes complejas. Esto quiere decir que la extinción de ciertas especies puede tener un impacto más grande que la extinción de otras, un fenómeno que se conoce como «efecto de selección». En muchos casos, quizás la mayoría, la pérdida de una especie no tiene consecuencias perceptibles. En otros, el ecosistema puede cambiar completamente. En Alaska, las nutrias marinas tienen un papel clave para el mantenimiento de la diversidad de especies del ecosistema porque al controlar a los erizos de mar—su principal presa—evitan que estos sobreexploten las algas laminarias o *kelp*, que son la principal vía de entrada de energía en el sistema. Cuando desaparecen las nutrias, como pasó cuando cazarlas no estaba prohibido, las algas disminuyen, sobreexplotadas por los erizos marinos y, como resultado, también desaparecen los animales que las utilizan de alimento o refugio. A pesar de que este tipo de cambios repentinos en el estado

de los ecosistemas son frecuentes en ecosistemas terrestres y marinos, todavía no somos capaces de anticipar situaciones en las que es probable que el ecosistema se desplace brusca e irreversiblemente de un estado a otro.

Lo que sí que sabemos es que la diversidad funcional puede tener efectos importantes en el flujo de materia y energía del ecosistema. Se sabe, por ejemplo, que los ecosistemas más diversos son más productivos. También son más resistentes a los cambios y más resilientes para volver a las condiciones iniciales cuando se perturban (Tilman, 1997). Estas propiedades se pueden explicar por los principios de redundancia y complementariedad de los nichos. Los ecosistemas donde las especies son más complementarias, es decir, ocupan nichos próximos pero diferentes, suelen ser más productivos y resistentes a las invasiones. Pero la ausencia de redundancias funcionales hace que la extinción de una única especie pueda alterar el funcionamiento del ecosistema. Cuando, en cambio, hay poca complementariedad y mucha redundancia funcional (es decir, varias especies con la misma función), el ecosistema no es tan productivo ni resistente a las

invasiones, y en cambio es más estable porque la pérdida de una especie no altera su funcionamiento.

■ EL RETO DE PROTEGER LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad, por lo tanto, no se puede reducir a contar especies, también tiene que ver la abundancia de las especies y sus características funcionales y filogenéticas. El reto es saber cómo podemos proteger simultáneamente todos estos componentes de la biodiversidad.

Una posibilidad es la creación de áreas protegidas. Estas áreas son esenciales para proteger especies particularmente frágiles, animales grandes o peligrosos, y ecosistemas enteros, pero no están exentas de problemas. Para ser efectivas, las áreas protegidas tienen que ser grandes y estar muy conectadas entre ellas, pero esto raramente pasa, puesto que los límites a menudo son definidos por razones sociales o económicas. Además, las zonas protegidas dependen del influjo de agua y nutrientes del exterior y, por lo tanto, continúan siendo vulnerables a las perturbaciones que se produzcan fuera de los límites de protección. La financiación es otro problema de las áreas protegidas, sobre todo las que son muy grandes y están en países en desarrollo. La necesidad de financiación puede llevar a estrategias de conservación difíciles de justificar. En África, por ejemplo, la caza de leones se justifica porque sirve para financiar las áreas protegidas donde vive (Figura 5). En realidad, sin embargo, el precio que paga un cazador para matar un león es muy inferior al que tendría que pagar por los costes que comporta la protección de las grandes extensiones de hábitat que necesita (Whitman, Starfield, Quadling y Packer, 2004).

Sea como fuere, concentrar toda la diversidad en «museos naturales» no es suficiente. Esto deja fuera cerca de un 50 % de las especies, que no viven en zonas protegidas. Además, la existencia de límites en las áreas protegidas implica que no pueden acomodarse fácilmente a los cambios. El Serengeti, por ejemplo, es conocido mundialmente por sus extensas sabanas y la diversidad de grandes mamíferos. La sabana se mantiene por los fuegos que se producen periódicamente, pero en las últimas décadas regiones extensas de sabana se han transformado en bosque a medida que la población de ñus se ha ido recuperando de una epidemia vírica que casi extingue la población (Sinclair et al., 2007). Una gran cantidad de ñus mantiene la vegetación baja y con menos combustible los fuegos se hacen menos frecuentes. Esto deja crecer los plantones que más tarde se convertirán en árboles. La dificultad de acomodar fácilmente los cambios implica que es probable que en el futuro muchas áreas protegidas ya no contengan la biodiversidad que se quería proteger cuando se crearon. Este problema es probable que se agrave con el cambio climático.



Figura 4. En los animales, la plasticidad de comportamiento es particularmente relevante para afrontar cambios en el entorno. Por ejemplo, en animales que viven cerca de los humanos, como el jabalí de la imagen, se está constatando un cambio hacia comportamientos nocturnos. Para estos animales, la vida nocturna es ventajosa porque reduce los conflictos con personas, uno de los principales riesgos que tiene vivir cerca de los humanos.

Hay una última razón que hace que las áreas protegidas no basten para preservar la biodiversidad: más de la mitad de la población humana vive actualmente en áreas urbanas, y se beneficia directamente de la biodiversidad que ofrecen estas áreas. Por lo tanto, hay una necesidad creciente para favorecer la biodiversidad local en ambientes dominados por los humanos. Esto es complicado con el modelo de desarrollo urbanístico agresivo que predomina en muchas regiones del planeta. Pero estudios recientes indican que niveles moderados de urbanización permiten conservar mucha biodiversidad (véase Sol et al., 2017). Esto significa que con una buena planificación urbanística y políticas adecuadas es posible mantener mucha biodiversidad (y los consiguientes servicios ecosistémicos) ante la rápida expansión urbana.

■ EL COSTE DE PRESERVAR LA BIODIVERSIDAD

Mucha de la biodiversidad actual se concentra en países en desarrollo. Estos países tienen pocos recursos y muchas necesidades, lo que limita su capacidad de hacer políticas proactivas de conservación. Paradójicamente, las personas de estos países son las más vulnerables a la pérdida de biodiversidad, porque su bajo poder adquisitivo no les permite sustituir los servicios ecosistémicos por bienes adquiridos, como hacen las personas en los países más ricos. Por lo tanto, proteger la biodiversidad requiere erradicar la pobreza.



Daniel Sol

Figura 5. El león africano es una especie clasificada como vulnerable en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, pero se continúa cazando por deporte en muchos lugares de África.

La biodiversidad es un bien público y difícil de evaluar económicamente, por lo cual su valor no se suele tener en cuenta en las políticas de los países. Aun así, la biodiversidad tiene un impacto enorme sobre la economía. Por un lado, ofrece servicios clave que, de otra forma, supondrían costes imposibles de asumir por los gobiernos. Por otro lado, puede ser una fuente de generación de riqueza y una forma de reducir la pobreza, a través, por ejemplo, del pago por servicios ambientales, la explotación sostenible de recursos naturales y el turismo basado en la naturaleza. En Costa Rica, uno de los países que contiene más biodiversidad del planeta, entre 1940 y 1970 aproximadamente una cuarta parte de los bosques del país fueron talados y convertidos en cultivos y pastos. La situación cambió radicalmente a partir de los años 1970, cuando la biodiversidad se empezó a percibir como un bien en sí mismo. Actualmente, un 25% de la superficie de Costa Rica está protegida y su gestión es compartida entre gobierno y propietarios. Los beneficios que se derivan del ecoturismo y del pago que hace el gobierno por los servicios ambientales, como la fijación del dióxido de carbón o el mantenimiento de biodiversidad, hacen que a los propietarios les salga más a cuenta conservar el bosque que talarlo.

■ EL FUTURO DE LA BIODIVERSIDAD

La mayoría de indicadores no permiten ser muy optimistas sobre el futuro de la biodiversidad. A pesar de que cada vez se invierten más recursos en conservación, la realidad es que la diversidad taxonómica, filogenética y funcional continúa disminuyendo y las presiones a las que se enfrentan las especies continúan aumentando (Tittensor et al., 2014). A escala local, la pérdida

de biodiversidad, sobre todo la funcional, altera el funcionamiento del ecosistema y su estabilidad. A escalas intermedias, como por ejemplo de paisaje, los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas pueden reducir la oferta de servicios de los que dependen las sociedades humanas. A escala global, provocan la pérdida irreversible de especies. Actualmente tenemos suficiente conocimiento científico como para saber qué hay que proteger y cómo lo tenemos que hacer, pero si continuamos menospreciando el valor real de la biodiversidad, no solo desaparecerán muchas especies de forma irreversible, también comprometeremos el futuro de nuestra propia especie. 🌱

REFERENCIAS

- Alberti, M., Marzluff, J., & Hunt, V. M. (2017). Urban driven phenotypic changes: Empirical observations and theoretical implications for eco-evolutionary feedback. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1712), 20160029. doi: [10.1098/rstb.2016.0029](https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0029)
- Bell, G. (2017). Evolutionary rescue. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 605–627. doi: [10.1146/annurev-ecolsys-110316-023011](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-023011)
- Cook, L. M., Grant, B. S., Saccheri, I. J., & Mallet, J. (2012). Selective bird predation on the peppered moth: The last experiment of Michael Majerus. *Biology Letters*, 8(4), 609–612. doi: [10.1098/rsbl.2011.1136](https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.1136)
- Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la difference: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(11), 646–655. doi: [10.1016/S0169-5347\(01\)02283-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02283-2)
- Ferraz, G., Russell, G. J., Stouffer, P. C., Bierregaard, R. O., Pimm, S. L., & Lovejoy, T. E. (2003). Rates of species loss from Amazonian forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(24), 14069–14073. doi: [10.1073/pnas.2336195100](https://doi.org/10.1073/pnas.2336195100)
- May, R. M. (2010). Tropical arthropod species, more or less? *Science*, 329(5987), 41–42. doi: [10.1126/science.1191058](https://doi.org/10.1126/science.1191058)
- Sinclair, A. R. E., Mduma, S. A. R., Hopcraft, J. G. C., Fryxell, J. M., Hilborn, R., & Thirgood, S. (2007). Long-term ecosystem dynamics in the Serengeti: Lessons for conservation. *Conservation Biology*, 21(3), 580–590. doi: [10.1111/j.1523-1739.2007.00699.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00699.x)
- Sol, D., Bartomeus, I., González-Lagos, C., & Pavoine, S. (2017). Urbanisation and the loss of phylogenetic diversity in birds. *Ecology Letters*, 20(6), 721–729. doi: [10.1111/ele.12769](https://doi.org/10.1111/ele.12769)
- Sol, D., Duncan, R. P., Blackburn, T. M., Cassey, P., & Lefebvre, L. (2005). Big brains, enhanced cognition, and response of birds to novel environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(15), 5460–5465. doi: [10.1073/pnas.0408145102](https://doi.org/10.1073/pnas.0408145102)
- Sol, D., Maspons, J., Vall-Iloera, M., Bartomeus, I., Garcia-Peña, G. E., Piñol, J., & Freckleton, R. P. (2012). Unraveling the life history of successful invaders. *Science*, 337(6094), 580–583. doi: [10.1126/science.1221523](https://doi.org/10.1126/science.1221523)
- Tilman, D. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277(5330), 1300–1302. doi: [10.1126/science.277.5330.1300](https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1300)
- Tittensor, D. P., Walpole, M., Hill, S. L. L., Boyce, D. G., Britten, G. L., Burgess, N. D., ... Ye, Y. (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346(6206), 241–244. doi: [10.1126/science.1257484](https://doi.org/10.1126/science.1257484)
- Whitman, K., Starfield, A. M., Quadling, H. S., & Packer, C. (2004). Sustainable trophy hunting of African lions. *Nature*, 428, 175–178. doi: [10.1038/nature02395](https://doi.org/10.1038/nature02395)

DANIEL SOL. Investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) de Bellaterra (España). Su investigación busca entender cómo responden los animales a los cambios ambientales y las consecuencias que esto tiene para la pérdida de biodiversidad. Sus trabajos más recientes se centran en la relación entre comportamiento y estrategias vitales como mecanismo general de respuesta a los cambios. ✉ d.sol@creaf.uab.es