



El equilibrio de la naturaleza en territorios insulares

Carlos Javier Melián

José María Montoya

Miguel Ángel Rodríguez

(Área de Ecología de la Universidad de Alcalá de Henares)

Introducción

Una de las referencias históricas del ecologismo es lo que se ha dado en llamar el “equilibrio de la naturaleza”. Sin embargo, esta idea tiene un significado más bien metafórico para los científicos y, en particular, para los ecólogos. Es bien sabido que en la naturaleza los organismos forman parte de un “puzzle” del que casi nunca conocemos bien sus piezas, ni tampoco cómo se ensamblan, por lo que nos resulta difícil comprender el funcionamiento de los sistemas a que dan lugar. Si bien el ser humano ha asumido históricamente esta complejidad, se ha enfrentado a ella adoptando enfoques frecuentemente compartimentalizados¹, es decir, reduccionistas. Este orden de cosas ha hecho que cada disciplina científica se haya apropiado de unas escalas de observación que pueden ser bien definidas en nuestros esquemas mentales, pero que encajan mal con el funcionamiento de los sistemas naturales. Tales niveles de estudio van desde el átomo hasta el universo, pasando por toda una jerarquía de escalas de análisis que incluyen organismos, especies, ecosistemas, biomas o el conjunto de la biosfera.

La principal unidad de estudio en Ecología es el ecosistema, que se puede entender como el conjunto de interacciones posibles entre los organismos que componen las diferentes especies que habitan en un lugar, y entre estos organismos y su medio físico. Pero el concepto de ecosistema puede ser aplicado a una charca, un tabaibal,

En las Islas Canarias se han descrito más de medio millar de nuevas especies desde 1990

una isla o, incluso, a la totalidad de la biosfera. En realidad, los elementos y procesos bióticos (los referidos a los organismos) y abióticos (los referidos al medio físico) que son considerados en las investigaciones ecológicas suelen representar una ínfima parte de la complejidad de los ecosistemas. A pesar del desconocimiento que se tiene de los muchos elementos e interacciones que se pueden producir, la labor histórica y reciente de los naturalistas posibilita aventurar algunas características de las complejas redes ecológicas en las que nos encontramos inmersos. El reto que aquí nos planteamos es transmitir no sólo cómo son los ecosistemas, sino también la forma en que se ensamblan sus componentes en una red ecológica; es decir, aproximarnos a conocer cómo funcionan, utilizando un tipo de sistemas ecológicos especialmente peculiares, a la vez que sensibles a las intervenciones humanas: los ecosistemas insulares.

¿Cómo son los ecosistemas insulares?

Nos enfrentamos a lo que algunos científicos consideran la sexta gran extinción de la historia de la vida

Si caminando por el medio natural llegásemos a contabilizar el número total de especies presentes en el lugar, tendríamos una medida ajustada de lo que se ha denominado clásicamente como **biodiversidad**. Sin embargo, la práctica demuestra que por cada criatura que oímos o vemos hay, como mínimo, una docena de otras criaturas que no se ven; y eso sin contar hongos, bacterias ni protozoos. Desde una perspectiva más amplia, el concepto de biodiversidad también incluye a otras categorías que trascienden el nivel de especie, incluyendo las variantes dentro de cada especie. Aún hoy desconocemos muchas de las especies que hay en la biosfera. Esto no sólo ocurre en los ecosistemas más diversos, como son las pluviselvas tropicales o los arrecifes de coral; también en las Islas Canarias existen especies desconocidas, tal y como lo demuestra el ritmo medio de identificación de especies nuevas que se ha producido en la presente década, que es de una especie cada seis días, de modo que desde 1990 se han descrito más de medio millar². No obstante, y a pesar de la velocidad con que se describen nuevas especies, muchas de las que hoy conviven con nosotros desaparecerán antes de ser conocidas. Y es que actualmente nos enfrentamos de lleno con lo que algunos científicos consideran la sexta gran extinción de la historia de la vida³. Aún se desconocen con exactitud las causas de las otras cinco grandes extinciones que han acontecido en la tierra; sin embargo, la actual parece tener un claro desencadenante: nosotros, los seres humanos.

Históricamente, los estudios sobre los factores que condicionan la biodiversidad en islas han ocupado un lugar central en ecología.

Muchas de las principales ideas sobre las que se asienta la moderna teoría ecológica fueron sugeridas por la observación de las notables diferencias que acontecen entre las biotas de distintas islas. En este sentido, baste recordar la teoría de la evolución por selección natural de Darwin (1872), las hipótesis evolutivas y biogeográficas de Wallace (1876, 1880), o la influyente teoría biogeográfica insular de MacArthur y Wilson (1967). Algunos de estos factores que influyen en la biodiversidad de las islas son: su edad geológica, su tamaño y heterogeneidad ambiental (clima, geomorfología, variabilidad altitudinal y de substratos...), su localización biogeográfica, su origen centro-oceánico o continental, su distancia a las fuentes continentales susceptibles de enviar organismos, o la capacidad de dispersión y colonización de éstos organismos.

Suele registrarse un gran número de especies en las islas más antiguas y grandes, próximas a los continentes, y que presentan una alta heterogeneidad geomorfológica y, por tanto, una mayor variedad de hábitats, como es el caso de Tenerife y Gran Canaria. Sin embargo, en ocasiones, tales características no son suficientes para garantizar una elevada biodiversidad. Por ejemplo, en Lanzarote y Fuerteventura la biodiversidad se ve limitada por las bajas precipitaciones que afectan a las áreas de menor elevación y que a la vez son las más extensas, lo que contribuye a reducir sus niveles de heterogeneidad ambiental. Por tanto, para que una isla concreta tenga alta biodiversidad, además de una elevada variedad geomorfológica, tamaño, antigüedad de los ecosistemas y cercanía a fuentes de propágulos, necesita de la presencia de cierta altitud y, ligada a ella, de condiciones climáticas variadas. Ello incrementa la diversidad de hábitats y permite la coexistencia de más especies con distintos requerimientos ambientales. En Canarias, la presencia en algunas islas del “mar de nubes”, entre los 800 y los 1500 metros de altitud, favorece un incremento importante en el número de especies, tanto en los ecosistemas directamente afectados (termófilo húmedo, monteverde y pinar húmedo), como en los que se encuentran en zonas más bajas (palmerales y saucedas), cuyos acuíferos se benefician, recargándose, con la “lluvia horizontal” que riega las elevaciones a barlovento.

No obstante, la mayor originalidad en términos evolutivos suele darse en las islas más remotas, debido a las mayores oportunidades que el aislamiento ofrece para la evolución de especies o variedades nuevas a partir del reducido número de organismos que inicialmente consiguen colonizar estos territorios. El aislamiento también

En Lanzarote y Fuerteventura la biodiversidad se ve limitada por las bajas precipitaciones que afectan a las áreas de menor elevación

favorece la persistencia de especies relícticas que no se han visto afectadas por las presiones evolutivas, originadas por los cambios ambientales, que han afectado a los continentes, o por las interacciones con un mayor número de especies que han experimentado sus ancestros continentales. En este sentido, en Canarias, muchas especies isleñas son auténticos fósiles vivientes que, en parte, reflejan las características de la biota que en tiempos remotos poblara la cuenca mediterránea. No es anecdótico, por tanto, que el número de endemismos terrestres presentes en el Archipiélago Canario se acerque a 3.800, representando el 32% de las especies conocidas de nuestras islas².

La mayor originalidad en términos evolutivos suele darse en las islas más remotas, debido al aislamiento que ofrecen para la evolución de las especies

La constitución de las biotas isleñas tiene que ver con los fenómenos, en buena medida azarosos, que constituyen la esencia de la evolución y con los procesos de colonización y extinción de especies. Precisamente, esta importancia del azar permite explicar parte del contenido excepcional en especies o las combinaciones de especies exclusivas que presentan las Islas, así como la elevada concurrencia de nichos ecológicos sin ocupar que se da en ellas. En cierto sentido, se puede considerar que muchos ecosistemas isleños están incompletos, lo que está relacionado con la posibilidad de que nunca se asentaran o evolucionaran las especies capaces de utilizar un recurso concreto. Además, las reducidas dimensiones de muchas islas y de algunos de sus hábitats -como sucede en La Palma y Lanzarote- no facilitan el desarrollo de poblaciones ecológicas numerosas. Puede argumentarse que el reducido tamaño de las poblaciones de muchas especies isleñas les hace ser permanentemente vulnerables a la extinción. De modo que no es extraño observar cómo de forma natural algunas de estas pequeñas poblaciones desaparecen dejando sus nichos ecológicos vacíos. Esto nos aporta otra clave para entender la biodiversidad insular: aunque una mayor heterogeneidad ambiental tiende a favorecer elevados niveles de biodiversidad, es necesario, además, que se conserven hábitats suficientemente extensos si se quiere asegurar la viabilidad a largo plazo de muchas especies isleñas.

De lo dicho hasta ahora se desprende, por un lado, que los ecosistemas insulares suelen contarse entre los más valiosos por su elevado contenido en endemismos, pero, por otro, también se deduce que son particularmente sensibles al impacto de las actividades humanas. Más allá de que un ecosistema insular presente un potencial elevado para contener muchas especies, se encuentra un entramado o red de interacciones ecológicas que en gran medida deter-

minará las diferencias entre su biodiversidad potencial (la que podría presentar) y su biodiversidad real (la que efectivamente presenta). Por tanto, intentaremos analizar qué es lo que hace que la biota de las islas sea a la vez tan interesante y sensible a nuestras actividades.

¿Cómo funcionan los ecosistemas insulares?

La expresión **diversidad de especies** combina dos aspectos medibles de la estructura de los ecosistemas: su distinto número de especies y las abundancias relativas que presentan cada una de estas especies. Esta doble concepción del término no ha sido nunca calculada debido a que ello resultaría una labor formidable. Para comprender las diferencias entre diversidad y biodiversidad, un ejercicio apropiado puede ser comparar ambas medidas en un territorio concreto. Una elevada diversidad ocurre cuando, tras un buen número de salidas de campo, hemos notado, por ejemplo, 23 especies de aves y 10 individuos de cada especie. En cambio, si hemos visto 23 especies y una de ellas aparece en 180 ocasiones, mientras que el resto sólo se registra ocasionalmente, tenemos la misma biodiversidad que antes (23 especies) pero una menor diversidad. Estos dos ejemplos extremos nos sirven para mostrar que valores altos de biodiversidad no siempre implican altos valores de diversidad y a la inversa, bajos valores de biodiversidad pueden derivar en valores relativamente altos de diversidad, por lo que se nos presenta todo un gradiente de posibilidades. Si relacionamos esto con el cómo son los ecosistemas insulares, nos encontramos con que, aunque poco biodiversos en número total de especies respecto a los ecosistemas continentales, muchos ecosistemas insulares pueden tener valores altos de diversidad. Por ejemplo, a modo de hipótesis, los llanos terroso-pedregosos de Fuerteventura y Lanzarote pueden presentar a la vez baja biodiversidad y elevada diversidad, es decir, tienen pocas especies, pero al mismo tiempo las abundancias relativas de éstas no difieren en gran medida.

Además de calcular medidas de diversidad de especies, podemos aprovechar nuestras salidas al campo para reflexionar sobre la complejidad de los ecosistemas. Así, quizás nos fijemos en algún grupo de pulgones que se alimentan de la savia de un acebuche, en los parásitos que portan estos insectos, en las hormigas que succionan los azúcares que segregan los pulgones, y en algunas aves, como los herrerillos, que se alimentan de estos insectos. Es posible que la complejidad de la escena sea ya suficiente para hacernos dudar sobre las posibilidades de producir modelos numéricos capaces de

En Canarias muchas especies son auténticos fósiles vivientes que, en parte, reflejan las características de la biota que en tiempos remotos poblara la cuenca mediterránea

predecir la evolución de la población de herrerillos en los próximos meses. Es más, si vamos al anochecer al mismo sitio, puede que observemos restos de las semillas del acebuche que han servido de alimento a las musarañas, o que oigamos a la coruja al acecho del pequeño mamífero. Si ampliamos todo esto al resto del ecosistema, es posible imaginar la complejidad que estamos considerando: un mundo de fluctuaciones e incertidumbres que en muchas ocasiones hace imposible predecir la dinámica futura de los ecosistemas⁵. ¿Cómo encaja esta percepción de la complejidad natural con la idea de que los ecosistemas naturales tienden a un equilibrio?

El reducido tamaño de las poblaciones de muchas especies isleñas les hace ser muy vulnerables a la extinción

La comprensión de la complejidad ecológica de un lugar implica, por tanto, hacer mención no sólo al número de especies de un lugar (su biodiversidad), o considerar, además, sus abundancias relativas (su diversidad), sino también profundizar en el estudio de las interacciones alimentarias que se establecen entre dichas especies. Para esto se utiliza el concepto de **red trófica**, desde una perspectiva fundamentada en simplificar el mundo vivo, dividiéndolo en categorías que sólo atienden a lo que come cada especie y quién se come a quien. En sistemas insulares apenas hay planta que no sirva de alimento al ejército de fitófagos, principalmente invertebrados, que son presa de otros animales como aves insectívoras, escarabajos, arañas, lagartos, ranas, etc., y que, a su vez, constituyen el alimento de, por ejemplo, las rapaces. La complejidad que transmite esta caricatura de red trófica se nos puede antojar aún mayor cuando consideramos que muchas especies cambian de dieta con su crecimiento, o que algunas son omnívoras o incluso caníbales al menos en algún momento de su vida. Añadamos a esto que las relaciones tróficas son sólo uno de los importantes tipos de relaciones que pueden establecerse entre los organismos. Otras interacciones, también cruciales, incluyen la competencia entre y dentro de especies por el alimento o por un espacio vital, los enlaces positivos (mutualismo, simbiosis...), etc. Podríamos seguir añadiendo elementos a esta imagen, y con cada nueva elaboración estaríamos descubriendo mayor complejidad en el ecosistema.

Todos estos procesos mencionados (físico-químicos o de interacciones biológicas) nos llevan a la idea genérica de **red ecológica** que nos sitúa en un nivel de abstracción superior al que nos permitían los conceptos anteriores. Nos acercamos, por tanto, a la realidad funcional de los ecosistemas, que podríamos concretar diciendo que consiste en un conjunto de procesos que tienen que ver con la dinámica del medio físico, la relación entre este medio físico y

los organismos y, finalmente, las interacciones entre los propios organismos. Nos podemos plantear, entonces, la siguiente cuestión: ¿Cómo condicionan los procesos abióticos y las interacciones bióticas la estabilidad de una red ecológica? Simplificando mucho, se puede considerar que cuando aspectos clave del medio físico como la temperatura y la humedad presentan un nivel bajo de fluctuaciones, los ecosistemas suelen desarrollar elevados niveles de biodiversidad (pluviselvas tropicales, arrecifes de coral o, a una escala más local, la laurisilva canaria). Pero la estabilidad de los ecosistemas no sólo depende del grado de variabilidad del medio físico, también está condicionada por las actividades de los organismos; por ejemplo, en muchas ocasiones, la renovación de las especies vegetales está asociada a la presencia en el ecosistema de animales capaces de diseminar sus semillas. Imaginemos ahora que acontece una perturbación, como puede ser una sequía prolongada. En esta situación, quizás algunas de las aves dispersoras de semillas se trasladen a otras áreas que les son más propicias. Sin embargo, si la variedad de aves con capacidad dispersora es alta, es posible que algunas permanezcan en el lugar, con lo que la funcionalidad del ecosistema no se vería severamente alterada. Este tipo de situaciones suele producirse cuando la perturbación, en este caso la sequía, forma parte del régimen habitual de perturbaciones que históricamente viene afectando a un ecosistema. En cambio, cuando la perturbación es muy excepcional, por ejemplo, como suele suceder con muchas alteraciones debidas a actuaciones humanas, disminuyen las posibilidades de que el ecosistema cuente con mecanismos que le permitan mantener su funcionalidad inalterada. Así, esto podría ocurrir al fumigar cultivos próximos con insecticidas no selectivos que den al traste con una parte importante de los alimentos –los insectos– que consumen las aves que dispersan las semillas. En una situación así, la funcionalidad y por tanto la persistencia de muchas de las especies que constituyen el ecosistema podrían verse seriamente amenazadas. En particular, si la germinación y regeneración de las especies vegetales claves se ven reducidas de forma importante, puede producirse un efecto dominó que, propagando las consecuencias de la perturbación a lo largo de la red trófica, derive en la extinción local de buena parte de las especies animales, ya que todas ellas dependen directa o indirectamente de la producción vegetal. En este sentido, y aunque aquí hemos comentado un caso hipotético muy concreto, lo cierto es que efectos negativos similares sobre los ecosistemas pueden ser ocasionados por muchas otras perturbaciones de origen antrópico.

Los ecosistemas insulares suelen contarse entre los más valiosos, pero también son particularmente sensibles al impacto de las actividades humanas

En los lugares donde los sistemas de explotación de los recursos mantienen sus rasgos tradicionales los impactos tienen menos consecuencias

En relación con lo anterior, es interesante preguntarse por qué la mayoría de las actividades humanas actuales derivan en un aumento de especies generalistas, a la vez que en una reducción de la biodiversidad. Estas actividades conducen a situaciones en las que dominan unas pocas especies, precisamente las que tienen mayores posibilidades de modificar su comportamiento o su dieta, por ejemplo, utilizando como alimento lo que nos “sobra” a nosotros y que acumulamos en basureros. Muchas de nuestras acciones simplifican la complejidad natural debido a que son realmente novedosas, en el sentido de que los ecosistemas sólo han empezado a experimentarlas en tiempos recientes. En particular, desde que los sistemas tradicionales de explotación de los recursos han comenzado a ser sustituidos por otros esquemas más acordes con las presiones impuestas por la moderna economía de mercado. En esta situación, muchos ecosistemas no han tenido tiempo suficiente para interiorizar las nuevas perturbaciones que han comenzado a afectarles. En claro contraste con ello, en los lugares en los que los sistemas de explotación de los recursos siguen manteniendo gran parte de sus rasgos tradicionales, los impactos ocasionados en los ecosistemas frecuentemente tienen consecuencias menos drásticas. Y es que, históricamente, el ser humano, desarrollando en muchos lugares actividades ajustadas al funcionamiento de los ecosistemas, ha sabido crear modos de explotación de la naturaleza poco agresivos. En cierto sentido, puede decirse que ha conseguido integrarse en el entramado ecológico. Buena parte de los paisajes canarios son una expresión excepcional de este saber, la consecuencia de una cultura de la que tenemos que aprender mucho^{9,10}.

En el caso de ecosistemas insulares, el pequeño tamaño de las poblaciones de muchas especies, debido sobre todo a las reducidas dimensiones de estos medios, así como a las peculiaridades de las especies que los habitan, las probabilidades de que ocurran tales eventos de extinción masiva aumentan. Todo ello nos induce a pensar que es esencial comprender y diferenciar en qué grado las características de las comunidades insulares actuales están dominadas por las condiciones ambientales, por las actividades humanas, por la dinámica intrínseca de sus poblaciones, o si resultan de un proceso de autoorganización entre las especies que las forman.

Para reflexionar...

Los ecosistemas se simplifican a medida que aumentan las perturbaciones. En general, puede considerarse que las dinámicas pausadas suelen conducir a situaciones complejas y con elevada biodi-

versidad, a través de un proceso autoorganizativo que podemos llamar de maduración, y que es fruto del ajuste entre los componentes biótico y abiótico del ecosistema (lo que se conoce como sucesión ecológica). La elevada madurez sucesional alcanzada por muchos ecosistemas puede ser deteriorada como consecuencia de nuestras actividades, un deterioro que, en ocasiones, resulta irreversible. Los ecosistemas así forzados se empobrecen perdiendo biodiversidad y suelen tender a algo parecido a monocultivos. También una pequeña perturbación en un ecosistema no adaptado a ella (por ejemplo, la introducción de una molécula sintética, o de una especie exótica) puede ocasionar, incluso, más desajustes que una gran perturbación ya interiorizada por el ecosistema (por ejemplo, la debida a una sequía prolongada). Evidentemente, el ser humano está jugando un papel cada vez más importante en las transformaciones que apreciamos en la naturaleza: introducción de especies exóticas, destrucción y fragmentación de los hábitats naturales, utilización generalizada de multitud de pesticidas... En este sentido, es posible que estemos acentuando la incidencia de grandes colapsos de extinción de especies en las comunidades insulares. Si bien los procesos de extinción de especies pueden formar parte de la dinámica intrínseca de estas comunidades, el elevado número de especies extinguidas en el siglo XX, y el creciente aumento de las especies que están en peligro de extinción, sugieren que ambos fenómenos sobrepasan actualmente los niveles que serían esperables como consecuencia del funcionamiento natural de los ecosistemas canarios^{2,3,5,13}.

Como síntesis, la idea del equilibrio de la naturaleza es más compleja de lo que imaginábamos. Las poblaciones en los ecosistemas fluctúan de forma continua, con dinámicas diferentes y a veces impredecibles¹⁴ y no siempre al ritmo de los factores ambientales. En ocasiones, hemos creído entender el puzzle de la naturaleza dominando una parte muy pequeña de su contenido. Sin embargo, está claro que tal comprensión requiere del dominio de todo el espectro. No obstante, mientras tal comprensión quede fuera de nuestro alcance, la prudencia debe ser el referente central de nuestras actuaciones. En esta línea, los enfoques más avanzados sobre conservación en medios insulares deben incluir, como mínimo, la limitación a la entrada de especies foráneas, el desarrollo de unas tecnologías acordes con las peculiaridades del medio físico y biótico de estos ecosistemas, y el rescate de aspectos esenciales de la cultura tradicional, de manera que se integren en unos espacios en los que la preservación de los procesos ecológicos y las interaccio-

Es posible que estemos acentuando la incidencia de grandes colapsos de extinción de especies en las comunidades insulares

Mantener el capital natural que, en buena medida, constituye la base de nuestro bienestar, y del que depende nuestro futuro

nes entre especies, que están en la base de la complejidad natural, sigan siendo funcionales. Mantener estos procesos e interacciones favorece la conservación de la riqueza biológica del territorio, en definitiva, del capital natural que, en buena medida, constituye la base de nuestro bienestar y del que depende nuestro futuro.

Bibliografía.

1. Tilman, D. y Kareiva, P. (eds.) (1997): *Spatial Ecology. The role of Space in Population Dynamics and Interspecific Interactions*. Princeton University Press. Princeton. New Jersey.
2. Martín, J. L., Báez, M. y Oromí, P. (1998): "La biodiversidad terrestre de las Islas Canarias". *Quercus*, 154: 26-46.
3. Leakey, R. y Lewin, R. (1997): *La sexta extinción. El futuro de la vida y de la humanidad*. Tusquets. Barcelona.
4. Margalef, R. (1978): *Perspectivas de la teoría ecológica*. Blume. Barcelona.
5. Elton, C. S. (1958): *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Chapman and Hall. Londres.
6. Margalef, R. y Gutiérrez, E. (1983): "How to Introduce Connectance in a Frame of an Expression for Diversity". *American Naturalist*, 121: 601.
7. McCann, K., Hastings, A. y Huxel, G. R. (1998): "Weak Trophic Interactions and the Balance of Nature". *Nature*, 395:794-798
8. Wilbur, H. M. (1997): "Experimental Ecology of Food Webs: Complex Systems in Temporary Ponds". *Ecology*, 78: 2279 -2302
9. Gómez Sal, A., Marín C. y Mendaro C. (1987): "Conserving and Developing the Valuable Human Landscape of La Gomera". *Ekistics*, 323-324: 170-175.
10. Rodríguez, W. (1996): *Agua y Agricultura en Canarias*. Editan: Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación y Centro de la Cultura Popular Canaria.
11. Volterra, V. (1926): "Fluctuations in the Abundance of a Species Considered Mathematically". *Nature*, 118: 558- 560.
12. Bak, P. y Chen, K. (1991): "Criticalidad autoorganizada". *Investigación y Ciencia*, Marzo 1991, pp 18-25.
13. Pimm, S. (1991): *The Balance of Nature. Ecological Issues in the Conservation of Species and Communities*. The University of Chicago Press. Chicago.
14. May, R. M. (1991): "El caos en biología". *Mundo Científico*, 115: 746-754.