

inDiferente

CIENCIA Y DIVULGACIÓN EN ISLAS OCEÁNICAS

Biodiversidad en tierra de volcanes

CUADERNO DE BITÁCORA DEL TAJOGAITE



La biodiversidad insular está en peligro

**Advertencia de la comunidad
científica a los poderes públicos**

The insular biodiversity is in peril.
Warning from the scientific community
to public authorities

Despite islands contributing only 6.7% of land surface, they harbor one fifth of the Earth's biodiversity, but unfortunately also half of the threatened species and three quarters of the known extinctions since the European expansion. Due to their geological and geographic characteristics, islands act simultaneously as cradles of evolution and museums of formerly widespread lineages permitting islands an outstanding endemism. Nevertheless, the majority of these species are vulnerable due to the way islands are colonized. Here we analyze the natural vulnerability of the insular biota, linked to founder events and small population sizes as well as the emergence of syndromes, which although improving the ability of species to thrive on islands, have made island biota vulnerable to anthropogenic pressures. Actually, this vulnerability has produced the documented extinction of at least 800 species since the European expansion, in addition to many more following the arrival of first human colonists in prehistoric times.

JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIOS, HOLGER KREFT, SEVERIN D.H. IRL,
SIETZE NORDER, CLAUDINE AH-PENG, PAULO A.V. BORGES,
KEVIN C. BURNS, LEA DE NASCIMENTO, JEAN-YVES MEYER,
ELBA MONTES Y DONALD R. DRAKE



75%
extinciones
registradas



50%
especies en peligro
de extinción



27%
lenguas



25%
naciones



20%
biodiversidad



10%
población



6,7%
área terrestre

LAS CIFRAS DE LAS ISLAS

Contribución insular a diferentes parámetros globales^[1].

AUNQUE CONTRIBUYEN SOLO CON UN 6,7 % DE LA SUPERFICIE EMERGIDA DEL PLANETA, las islas albergan una quinta parte de la biodiversidad mundial, y, desafortunadamente, la mitad de las especies amenazadas y tres cuartas partes de las extinciones conocidas desde la expansión de los europeos. Debido a sus características geológicas y geográficas, las islas actúan simultáneamente como crisoles evolutivos y museos de especies antaño ampliamente distribuidas, permitiendo albergar una endemidad significativa. La vulnerabilidad natural de la biota insular es producto de eventos fundadores y de su escaso tamaño poblacional. Pese a la emergencia de síndromes insulares, que aumentan su habilidad para progresar en estas condiciones, las especies que habitan en islas muestran una gran fragilidad y son vulnerables a la actividad humana. De hecho, esta vulnerabilidad ha dado lugar a la extinción documentada de más de 800 especies tras la expansión europea, además de la de un número desconocido de especies ocurrida tras la llegada de los primeros colonos durante la prehistoria.

Introducción

Las islas suponen aproximadamente unos 10 millones de los cerca de 150 millones de km² de las tierras emergidas, es decir, un 6,7 % del total. Sin embargo, contribuyen con un 20 % de la biota mundial, además de una extraordinaria diversidad humana, tanto cultural como lingüística. Las islas son, además, el hogar de una décima parte de la población humana y una cuarta parte de las naciones reconocidas son islas o archipiélagos que poseen extensas zonas económicas exclusivas, de manera que los isleños gestionan aproximadamente una sexta parte de la superficie terrestre y marina del planeta. Pese a que las islas oceánicas fueron uno de los últimos lugares en ser colonizados por los humanos, constituyen una de las localidades más severamente impactadas por los mismos. En este trabajo analizamos cómo la tasa de extinciones de las especies insulares es desproporcionadamente alta y cómo las islas pueden servir como advertencia al incierto futuro que se cierne sobre la biodiversidad global en el Antropoceno.

Tipos de islas

En este trabajo trataremos las islas marinas, es decir, aquellas porciones de tierra menores que Australia rodeadas de océano. Por tanto, no prestaremos atención a las islas lacustres, ni a las fluviales, ni a las islas de hábitat. Existen tres tipos de islas marinas: I) las islas continentales, en realidad penínsulas que, debido al aumento del nivel del mar ligado a las épocas interglaciales, pierden por un breve tiempo geológico su conexión con el continente (algunos ejemplos incluyen Gran Bretaña, Sumatra, Tasmania o Terra Nova); II) los fragmentos continentales o microcontinentes, que se desprenden de los continentes por la deriva continental

No se conoce el número exacto de islas marinas, pero la referencia más cercana es de más de 340 000.

y la formación de nuevos océanos (como Madagascar o Nueva Zelanda), y III) las islas volcánicas, que surgen por la acumulación de magma en el fondo del mar y nunca tuvieron conexión alguna con el continente (Galápagos, Hawái o Macaronesia). Una vez desmanteladas por la erosión y la subsidencia, las islas volcánicas pueden permanecer en forma de atolones si se ubican en mares cálidos (Maldivas, Marshall o Tuamotu). Aunque el número exacto de islas marinas es desconocido, las referencias más recientes hablan de más de 340 000, de las cuales 17 son mayores de 0,1 M km² y 20 000 mayores de 1 km².

Hay islas en todos los océanos, a todas las latitudes y, consecuentemente, en todas las zonas climáticas del mundo, aunque dos terceras partes de las mismas están en las zonas tropicales. Dejando al margen a Groenlandia (en realidad un gran escudo glacial), la superficie de las islas varía en diez órdenes de magnitud, desde Nueva Guinea (0,78 M km² hasta rocas de menos de 10 m²); en edad, desde los más de 150 millones de años de Madagascar

PARADIGMA DE LA EXTINCIÓN INSULAR

La isla de Lord Howe, de menos de 15 km² de superficie y perteneciente a Australia, es tristemente famosa por haber perdido nueve especies endémicas de aves debido al impacto de los humanos y al de las especies introducidas por estos.

Foto | Kevin C. Burns
Foto primera página | Steve Allen



RADIACIÓN EN ISLAS

Algunos ejemplos de radiación insular^[1].

hasta las pocas décadas de Surtsey (nacida en 1963); en altitud, desde cumbres que superan los 4000 m (Borneo, Hawái, Nueva Guinea o Taiwán) hasta muchos atolones que apenas llegan al metro de altitud; en aislamiento, desde los más de 6000 km que existen desde las islas de la Sociedad, hasta el continente más cercano, por los pocos cientos de metros que separan Anglesey, Sajalín o Sicilia de sus respectivos continentes y, finalmente, en latitud, desde los 84 °N de Oodak, la tierra emergida más sep-

tentrional, hasta los 81 °S de Berkner (Antártida).

Las islas son conocidas por su contribución al avance de las ciencias naturales durante los últimos 250 años, y siguen siendo modelos para la investigación en biogeografía, ecología, evolución y conservación^[2]. Charles Darwin^[3] y Alfred Russel Wallace^[4] descubrieron de forma independiente los principios de la evolución tras largos viajes por los archipiélagos del mundo. Las observaciones de Sherwin Carlquist^[5,6] fueron

fundamentales para entender la naturaleza singular de la biota insular. La teoría de la biogeografía insular^[7] ha sido la teoría más influyente en Biogeografía, alcanzado su importancia a la biología de la conservación^[2,8]. Mientras que la investigación desarrollada por Peter y Rosemary Grant^[9] en la adaptación del tamaño y forma de los picos de los pinzones de las Galápagos a los cambios de recursos alimenticios es un referente para entender cuan rápidamente puede proceder la evolución en la naturaleza.

Las islas como centros sobresalientes de biodiversidad

Entre todas las islas del mundo hay tres grupos (las islas volcánicas, los fragmentos continentales y las islas continentales tropicales) que contribuyen desproporcionadamente, en relación a su reducida superficie, a la biodiversidad global. Mucha de esta biodiversidad resulta de «radiaciones explosivas», resultado habitual en linajes que colonizan islas alejadas que cuentan con ambientes heterogéneos y dinámicos que promueven la diversificación, bien sea adaptativa o no.



Las islas como museos

Las islas volcánicas y los microcontinentes pueden considerarse museos de biodiversidad, pues albergan representantes de linajes antaño extendidos en los continentes (paleoendemismos)^[10]. Ello se debe a tres razones: I) el efecto atemperador de los océanos, proporcionándoles climas más suaves que los que experimentan los continentes en las mismas latitudes, un efecto que ha sido especialmente importante durante las glaciaciones pleistocénicas; II) muchas islas oceánicas poseen gradientes altitudinales significativos, lo que permite a las especies que las habitan migrar altitudinalmente para encontrar las condiciones ambientales adecuadas, algo esencial durante los cambios climáticos, y III) la reducida competencia interespecífica que se da en muchas islas oceánicas debida al empobrecimiento en especies ligado al aislamiento, que permite la supervivencia en las islas de formas excluidas competitivamente por novedades evolutivas en los continentes.

PROTOTIPO DE LA RADIACIÓN ADAPTATIVA

En la foto la cabeza del apapane *Himatione sanguinea*, uno de los mieleros de Hawái más ampliamente distribuidos en ese archipiélago y producto de una de las radiaciones adaptativas más espectaculares que se conocen.

Foto | Jack Jeffrey





RÍO PORORARI

EL río Pororari desagua los Andes del Sur hacia la costa occidental de la isla meridional de Nueva Zelanda, una costa prácticamente deshabitada y de gran valor naturalístico.

Foto | José M.ª Fernández-Palacios

Islas como laboratorios evolutivos

Aunque la mayor parte de los linajes insulares no diversifican, aquellos que lo hacen contribuyen de forma desproporcionada a la endemidad (neoendemismos). Algunas de las características de los archipiélagos que generan este fenómeno incluyen: I) su fragmentación y aislamiento natural; II) su aislamiento duradero del conjunto de especies continental; III) la elevada altitud de las islas volcánicas con la consecuente variabilidad de hábitats; IV) la compleja orografía del terreno especialmente intensa cuando las islas comienzan a ser erosionadas; V) la emergencia secuencial de las islas de archipiélagos formados por puntos calientes; y VI) los cambios eustáticos del nivel del mar ligados a las glaciaciones que han reconfigurado la geografía de islas y archipiélagos, dando lugar a reiterados procesos de fusión y fisión entre islas y a la emersión y sumersión de montes submarinos, cuando estos reposan no muy alejados de la superficie marina^[14,15]. La combinación de todos estos factores facilita muchos procesos biogeográficos, ecológicos y evolutivos, que resultan en altas tasas de especiación^[16]. En una isla suficientemente elevada (como Tenerife o La Palma), la radiación adaptativa puede generar nuevas especies que exploten hábitats y recursos diversos distribuidos de costa a cumbre. Si, por el contrario, la isla se encuentra fuertemente diseccionada por la erosión (como Gran Canaria o La Gomera), la vicarianza entre diferentes barrancos o valles contribuirá a una radiación geográfica no adaptativa. Esta vicarianza puede surgir también como producto de las reiteradas fusiones y fisiones de islas adyacentes ligadas a las regresiones y transgresiones marinas pleistocénicas (como ocurrió con Lanzarote y Fuerteventura)^[15]. Cuando la dispersión entre islas del mismo

archipiélago es importante, el panorama se complica aún más con la aparición de sucesos como: I) la colonización de nuevas islas desde las más antiguas; II) las dobles invasiones, es decir, un segundo establecimiento del mismo ancestro bastante después del primero, bien desde el continente o bien desde otra isla; y III) las retro-colonizaciones, es decir, el salto de una especie insular al continente del que procede su ancestro. De esta forma, las islas actúan como refugios y fuentes de biodiversidad, devolviendo al continente las mismas o especies emparentadas de las que desaparecieron allí antaño por los cambios ambientales experimentados.

La vulnerabilidad natural de la biota insular

En contraste con imágenes románticas de las islas como ambientes idílicos para la vida, las características intrínsecas de las islas volcánicas alejan estos lugares de dicha representación. La actividad volcánica puede destruir islas por entero o esterilizar partes muy importantes de ellas. Los deslizamientos gravitacionales pueden desplazar al océano fracciones significativas de las islas en minutos, y los tsunamis a ellos asociados golpear en las islas o continentes cercanos destruyendo sus ecosistemas costeros. Finalmente, las islas pueden desaparecer debajo del mar temporalmente, producto de las transgresiones marinas o, definitivamente, por la erosión y la subsidencia^[17]. No obstante, estos procesos destructivos crean también oportunidades ecológicas para nuevos colonizadores, promoviendo la colonización y, a largo plazo, la diversificación y la endemidad. Como estos procesos geológicos y climáticos son naturales e infrecuentes, no vamos a centrarnos en ellos. Al contrario, atenderemos a una serie de procesos genéticos, demo-

Las poblaciones y especies insulares, resultantes del aislamiento, limitada distribución y fragmentación natural, son muy vulnerables, incluso en ausencia de humanos.

gráficos y evolutivos característicos de las poblaciones y especies insulares, resultantes del aislamiento, limitada distribución y fragmentación natural, que hacen que la biota insular sea intrínsecamente vulnerable, incluso en ausencia de humanos^[18].

Las características relacionadas con la naturaleza fragmentada de las poblaciones insulares hacen que estas, salvo en los casos en donde se compensen las densidades, presenten unos rangos de distribución y unos tamaños efectivos

FRAGILIDAD NATURAL

Factores que contribuyen a la vulnerabilidad natural de la biota insular^[18].

Condición insular	Consecuencia en su vulnerabilidad
Distribución espacial restringida (los endemismos son habitualmente uni-insulares)	Alto riesgo de extinción debido a eventos estocásticos (vulcanismo, deslizamientos gravitacionales, etc.) Bajos tamaños de población (a no ser que haya compensación de densidad)
Rango de distribución fragmentado de forma natural	Alta diferenciación genética a nivel poblacional, lo que significa que las extirpaciones poblacionales implican pérdida del acervo genético, lo que supone que las poblaciones, y no las especies, son las unidades operacionales de conservación, lo que requerirá más recursos personales y económicos
Pequeños tamaños poblacionales (N)	Pequeños tamaños efectivos de población (Ne) Riesgo de colapso demográfico estocástico La deriva génica controlará los procesos de especiación, dando lugar a nuevas especies que no están en armonía con su ambiente, lo que promoverá depresión por endogamia y colapso demográfico
Origen poblacional ligado a un evento fundador	Población portadora de una diversidad genética inferior y singular



LA BIODIVERSIDAD BUSCA CAMINO

Pequeña isleta rocosa con una muestra de bosque nativo en la isla francesa de Futuna, en el océano Pacífico meridional.

Foto | Jean-Yves Meyer

FRAGILIDAD ANTE LOS HUMANOS

Razones de la vulnerabilidad que generan las innovaciones evolutivas insulares que originan el síndrome de la insularidad tras la colonización humana^[1].

de poblaciones muy limitados, que les confieren un alto riesgo de colapso estocástico o demográfico, así como de depresión por endogamia. Además, la forma de establecerse de las poblaciones insulares, mediante eventos fundadores, implica también contar desde el primer momento con una diversidad genética limitada y singular.

Además, la evolución de las especies en aislamiento puede dar lugar a la emergencia de una serie de innovaciones evolutivas, que se repiten a lo largo de islas y taxones, conocidos como el o los síndrome(s) de la insularidad, que

permiten a las especies insulares que los adquieren ser más efectivos en estos ambientes. Estos síndromes incluyen, entre otros, el gigantismo o el enanismo, la pérdida de la capacidad de volar, la limitación de la capacidad de dispersión, la lignificación secundaria insular, la pérdida de defensas ante predadores o herbívoros, la ingenuidad, y una tendencia hacia la dioecia^[19]. Lamentablemente, las mismas características que vuelven a estas especies más aptas para los ambientes insulares las hacen también más vulnerables ante los humanos y la biota por ellos introducida.

Innovaciones evolutivas que surgen en los contextos insulares (síndrome de la insularidad)	Razones de la vulnerabilidad tras la colonización humana
Gigantismo	Mayor recompensa por la caza, fuente de carne
Enanismo	Disminución del poder de disuasión, facilitando su caza por cazadores o por los predadores introducidos por los humanos
Pérdida de la capacidad de volar en aves e insectos	Incapacidad de escapar frente a cazadores humanos o predadores introducidos
Pérdida del poder de dispersión en plantas	Incapacidad de escapar de la destrucción de hábitat
Disminución del tamaño de la puesta	Menor capacidad de recuperación tras perturbaciones
Disminución del comportamiento defensivo/mansedumbre	Comportamiento ingenuo frente a cazadores humanos y depredadores
Lignificación secundaria insular	Menor capacidad de regeneración que hace que las especies leñosas sean más susceptibles de ser perturbadas por los humanos. Fuente de madera como leña, armas, etc.
Tendencia hacia la dioecia real o funcional secundaria	Dificultad para aparearse en condiciones demográficas precarias
Pérdida de defensas frente a la herbivoría	Incremento de la palatabilidad de las especies insulares ante los mamíferos herbívoros introducidos
Otras consecuencias del aislamiento	
Ausencia de contacto con enfermedades y patógenos	Vulnerabilidad frente a las enfermedades importadas

Impacto humano en islas

El impacto de los primeros homínidos sobre la biota de las islas que habitaban fue aparentemente moderado y, en todo caso, difícil de discernir de los cambios ambientales de la época^[20]. No fue hasta el comienzo del presente interglacial, hace 11,7 ka (Holoceno), tras una serie de cambios significativos en las estrategias de las sociedades humanas (transición de cazadores-recolectores a agricultores y pastores, organización política, tecnología, invención de la navegación, etc.), cuando la biota de las islas oceánicas, la última frontera de la expansión de los humanos modernos por el mundo, se vio visiblemente afectada. Muchos de

Las islas oceánicas fueron la última frontera de la expansión de los humanos modernos por el mundo.

LA REUNIÓN, UNA ISLA EN FORMACIÓN

Escarpe meridional de la caldera del Pitón de La Fournaise, en la isla de La Reunión, en el océano Índico, uno de los volcanes en activo más longevos del mundo.

Foto | José M.ª Fernández-Palacios

los archipiélagos oceánicos fueron colonizados solo algunos milenios antes del presente (como Baleares, Canarias, El Caribe, Madagascar, Melanesia remota o Polinesia occidental), durante el último milenio (como Hawái, Islandia, Nueva Zelanda o Polinesia oriental), o apenas hace algunos siglos (como Azores, Cabo Verde, Galápagos, Madeira, Mascareñas o Tristán da Cunha). Es por ello que la extinción de la megafauna continental del final del Pleistoceno, que comenzó con la llegada de los humanos a Australia y a América, mantiene un episodio final en las islas oceánicas del mundo, en las que una fracción significativa de su flora y fauna ha sido llevada a la extinción tras la colonización humana^[21,22,23]. Existen al menos cuatro causas directa o indirectamente relacionadas con las actividades humanas que producen erosión de la biodiversidad insular: I) pérdida del hábitat; II) sobreexplotación de recursos; III) introducción de especies exóticas, y IV) cambio climático. Cada una de estas causas supone una gran presión, aunque todo se agrava cuando actúan en sinergia.



Pérdida de hábitats

La pérdida de hábitats, ya sea por destrucción, degradación, modificación o fragmentación, ocurre cuando estos son transformados para servir a las necesidades humanas. Es, tras la introducción de especies exóticas (ver más abajo), la mayor causa de pérdida de diversidad en islas. Formas habituales de pérdida de hábitats en islas incluyen la deforestación para la obtención de áreas agrícolas o pastos, la desecación de humedales o la expansión urbana y de las infraestructuras. La pérdida de hábitats comienza con el establecimiento de los primeros humanos y de las especies por ellos introducidas voluntaria (ovicápridos, cerdos, perros, gatos, gallos, cereales, leguminosas, etc.) o involuntariamente (roedores, artrópodos, malas hierbas, hongos, etc.). El fuego fue utilizado desde el primer momento

La pérdida de hábitats, ya sea por destrucción, degradación, modificación o fragmentación, es una de las principales causas de merma de biodiversidad en islas.

HAWÁI

Bosque montano de lluvias de Kamakou, en la isla hawaiana de Molokai.

Foto | Donal D. Drake

para transformar los ecosistemas y crear áreas agrícolas y pastos^[24,25,26,27]. Muy pronto tras la colonización europea, las zonas bajas y las medianías de muchas islas fueron completamente transformadas para sostener una agricultura intensiva de exportación, como la caña de azúcar, incluyendo la obtención de grandes cantidades de madera necesaria para el funcionamiento de los ingenios (como ocurrió u ocurre en Hawái, La Reunión o Santo Antão), plátanos (La Palma), piñas (Filipinas), olivos (Cerdeña, Creta, Chipre y Sicilia), palma aceitera (Borneo y Sumatra), té (Sri Lanka)



y vainilla (Madagascar), entre otras. En otras islas, grandes extensiones de vegetación natural fueron sustituidas por pastos (Azores, Hawái y Nueva Zelanda), plantaciones (Azores y Nueva Zelanda) o por grandes infraestructuras (aeropuertos, puertos, carreteras, urbanizaciones, campos de golf, etc.) necesarias para el mantenimiento del turismo de masas (Gran Canaria, Madeira, Mallorca, Mauricio, Oahu, Sal o Tenerife).

La transformación de los ecosistemas naturales implica la desaparición de las especies allí existentes. En Canarias, la laurisilva grancanaria fue eliminada hasta el 1 % que resta en la actualidad^[28], mientras que los bosques termófilos tinerfeños fueron incluso eliminados en mayor proporción. En Azores, los bosques originales fueron sustituidos por pastos y plantaciones de la exótica *Cryptomeria*, mientras que Porto Santo fue totalmente deforestada^[29].

Sobreexplotación de recursos

La sobreexplotación y el uso insostenible de los recursos vivos, incluyendo la tala, la caza, la pesca y la recolección, ocurren cuando la biodiversidad es eliminada a una mayor velocidad que su regeneración natural, lo que a la larga resultará en la extinción de especies. Sin embargo, la sobreexplotación de recursos abióticos, como la de los acuíferos, puede generar también extinciones de especies ligadas a los manantiales y a los humedales a ellos asociados, que en las islas contienen muchas especies exclusivas. La sobreexplotación de recursos abióticos también ha sido causa de destrucción insular, como ocurrió con Nauru y Banaba, en el Pacífico, irreversiblemente

TRANSFORMACIÓN COSTERA

Aunque el desarrollo del turismo, como el de la playa de Las Américas, en el sur de Tenerife (en la foto), ha traído muchos beneficios económicos a las islas, también ha generado grandes problemas ambientales, fundamentalmente por la destrucción de los hábitats originales.

Foto | Unai82

dañadas por la minería de sus ricos depósitos de fosfatos.

Aunque el papel de los humanos en la extinción de la megafauna del Caribe o del Mediterráneo es aún controvertido^[30], existe sobrada evidencia acerca de cómo la sobreexplotación de los humanos supuso la extinción de la megafauna malgache y neozelandesa. Las aves elefante (*Aepyornis*) y los moa (Dinornithidae), las mayores aves que han existido, fueron cazadas hasta la extinción por los primeros pobladores malgaches y maoríes, respectivamente, en un tiempo muy corto después de la colonización de estos territorios, tal como hicieron algunos siglos más tarde marineros portugueses y holandeses con el dodo de Mauricio *Raphus cucullatus*^[31], o los cazadores de pieles rusos con la vaca marina de Steller *Hydrodamalis gigas* en la isla de Bering^[32].

El coleccionismo para museos ha llevado también a algunas especies a la extinción, como ocurrió con la espectacular huia *Heteralocha acutirostris* neozelandesa^[33]. Algo menos dramática, pero también muy aleccionadora es la historia del pinzón azul de Gran Canaria *Fringilla polatzeki*, descubierto en 1905. Inmediatamente tras su descubrimiento, museos de historia natural de toda Europa enviaron naturalistas para recolectar ejemplares de la nueva especie para nutrir sus colecciones. En pocos años se capturaron más de un centenar de individuos, con una única persona recogiendo 76 entre enero y abril de 1909. Este hecho tuvo tal impacto sobre la población que aún se le considera en peligro crítico^[34].

Especies exóticas invasoras

Algunas de las especies exóticas más perniciosas han sido deliberadamente introducidas, como cultivares o ganado (rumiantes y cerdos), mascotas (gatos y



RATA NEGRA

La rata negra *Rattus rattus* es una de las especies exóticas invasoras más ampliamente distribuidas por el planeta y causante de numerosos problemas, incluidas las extinciones, a las especies insulares.

Foto | Creative Nature_nl

aves), plantas ornamentales (*Hedychium gardnerianum*, *Hydrangea macrophylla*, *Lantana camara*, etc.), controles biológicos (sapo de la caña o mangostas) o especies cinegéticas (conejos, zorros, ciervos, etc.). Los jardines suponen importantes reservorios de especies naturalizadas, de donde ha salido la mayor parte de la flora exótica^[37]. Las introducciones también pueden ser accidentales, como las especies que llegan en el agua de lastre de los barcos, o en contenedores, como la culebra arbórea café *Boiga irregularis* introducida en Guam, que ha dado lugar a la extinción de una decena de vertebrados, tanto aves, como murciélagos y reptiles^[38]. Otro ejemplo dramático es la introducción deliberada del caracol lobo *Euglandina rosea* para controlar las poblaciones de otra especie introducida, el caracol gigante africano *Lissachatina fulica*, que ya ha causado la extinción inadvertida de 28 de las 55

especies endémicas del género *Partula* en las islas de la Sociedad^[39].

La invasión de Azores y Hawái por el jengibre del Himalaya *Hedychium gardnerianum* está transformando por completo la cobertura del bosque húmedo, con altos impactos a los musgos, helechos y, particularmente, a los invertebrados^[40]. La invasión masiva de los bosques montanos de niebla tahitianos por el arbusto *Miconia calvescens* ha resultado en la incorporación de 50 especies endémicas a las listas de especies amenazadas^[41]. Los roedores, especialmente ratas y ratones, están entre las primeras y, posiblemente, más ampliamente extendidas especies invasoras en islas.

Los herbívoros introducidos, como la cabra o el conejo, han producido también una alteración profunda de los ecosistemas insulares, pues las especies endémicas son consumidas preferentemente por su relativa falta de defensas ante la ausencia secular de grandes herbívoros de las islas^[42]. Consecuentemente, en muchas islas las plantas más palatables han visto sus poblaciones radicalmente mermadas y restringidas a los lugares inaccesibles a estos herbívoros introducidos, que también amenazan indirectamente a otros animales por competir por los mismos recursos, como ocurre en Galápagos tras la introducción de las cabras, que compiten

Algunas de las especies exóticas más perniciosas han sido introducidas como cultivos, ganado, mascotas o plantas ornamentales.

ventajosamente frente a las tortugas gigantes endémicas, desplazándolas^[43].

Las especies invasoras pueden además ejercer impactos de forma sinérgica al actuar junto a otras invasoras,



intensificándose sus respectivos impactos. La faya *Morella faya* es un buen ejemplo de ello, pues fue introducida en Hawái en donde, al ser fijadora de nitrógeno, cuadruplica la disponibilidad de nitrógeno de los lugares que invade, facilitando la subsecuente invasión de especies continentales mejores competidoras que las endémicas en ese nuevo contexto nitrogenado, invasión facilitada además por la actividad erosiva de suelos por los cerdos introducidos^[44].

Cambio climático antropogénico

El cambio climático es una amenaza creciente para la biodiversidad global y, en particular, para la insular^[45]. Alterando de una forma rápida los patrones térmicos e hídricos a los que las especies están adaptadas, el cambio climático fuerza a las especies a la migración altitudinal (la migración vertical solo es una opción en islas muy extensas configuradas de norte a sur, como Madagascar o Nueva Zelanda) o a tener que adaptarse

a las nuevas condiciones. La migración altitudinal puede no ser viable para muchas especies insulares, pues dependerá de la altitud de la isla, de la existencia de corredores de hábitat con disposición costa-cumbre y del poder de dispersión de las especies^[46].

Otra consecuencia importante del cambio climático es el aumento del nivel del mar. Aunque la pérdida de biodiversidad asociada a la desaparición de los atolones no será significativa, pues sostienen pocos endemismos, las consecuencias socio-económicas y culturales sí serán muy importantes, pues los modelos postulan que para el año 2080 estarán todos inevitablemente sumergidos^[47]. Además, tanto los atolones como las islas elevadas sufrirán el aumento en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales consecuencia del cambio climático antropogénico^[48].

El cambio climático es una amenaza creciente para la biodiversidad global y, en particular, para la insular.

MAR DE NUBES

Vista desde el valle de La Orotava, en el norte de Tenerife, de la isla de La Palma, por encima del límite superior del mar de nubes, donde encuentra la laurisilva el refugio de humedad que le permite superar la aridez estival del clima imperante en Canarias.

Foto | José Juan Hernández

Otro motivo de preocupación relacionado con el cambio climático es cómo va a afectar este al mar de nubes, de gran importancia en muchas islas, pues crea refugios de humedad en donde las formaciones forestales pueden guarecerse de un clima árido permanente o estacional. Constituyen ejemplos sobresalientes la laurisilva de Canarias o los bosques montanos de niebla de La Reunión o Hawái. Se prevé que el cambio climático afecte a la localización altitudinal, frecuencia y espesor del mar de nubes, aunque las proyecciones existentes son aún inciertas, con algunas postulando su ascenso^[49] y otras su descenso en altitud^[50]. Un ascenso del mar de nubes supondría un riesgo muy serio para islas en donde este ya cubre su cumbre, como en La Gomera, pues podrían perderlo; por otra parte, su descenso en altitud implicaría tener que ocupar áreas ya transformadas por cultivos y poblaciones que impedirían la reubicación de los bosques de niebla.



AZORES
Vista desde Morro Assombrado de las áreas protegidas de la Caldera y Sierra de Santa Bárbara, en la isla de Terceira.

Foto | Paulo A. V. Borges

La deuda de extinción

Las extinciones de especies por ocurrir, resultantes de impactos pasados, se conocen como deuda de extinción. La deuda ligada a la destrucción cultural de hábitats se ha calculado para algunos archipiélagos macaronésicos, como Azores^[51] o Canarias^[52], y los resultados que se obtienen son muy preocupantes, con una proporción importante de la biota de algunos ecosistemas profundamente endeudada. Los esfuerzos dirigidos a la conservación de estas especies amenazadas, aunque indispensables para su supervivencia a corto plazo, lo único que harán es posponer su extinción, a no ser que se restaure una extensión suficiente de los hábitats desaparecidos en la mayor brevedad posible. Aunque la recuperación completa de los hábitats que se han perdido no es posible,

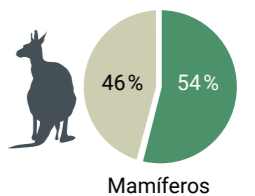
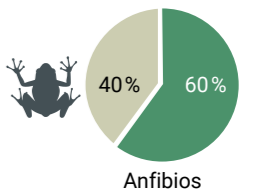
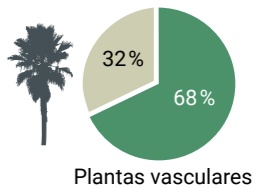
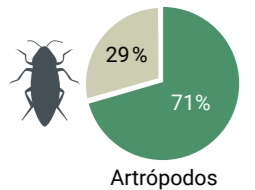
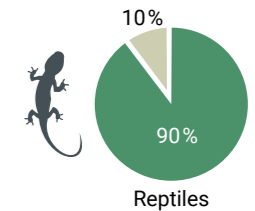
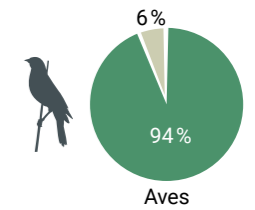
tampoco sería deseable, pues las sociedades insulares dependen de los paisajes modificados para satisfacer sus necesidades económicas (agricultura, pastos, infraestructura, asentamientos, complejos turísticos, etc.). Sin embargo, muchos de los hábitats que fueron en el pasado profundamente degradados están en la actualidad abandonados y la restauración ecológica de estos lugares, en algunos casos ya en marcha de forma espontánea, no solo proporcionará una oportunidad para no pagar la deuda de extinción, sino que se restaurarán servicios ecológicos perdidos (regulación del clima y del agua, fijación del suelo, etc.), ayudando también a la mitigación del cambio climático a través de la fijación de CO₂ como biomasa^[53].

Algunas especies que no fueron afectadas directamente por la actividad humana pueden también desaparecer al perder un compañero de interacción.

La pérdida de las interacciones bióticas y de las funciones ecológicas

Con la extinción de una especie también se pierden un conjunto de interacciones bióticas (polinización, dispersión, herbivoría, predación, parasitismo, etc.), así como los procesos biogeoquímicos y las funciones (fijación de nitrógeno, descomposición, reciclado de nutrientes, provisión de hábitat o de recursos, etc.) que la especie desaparecida proporcionaba al ecosistema en que habitaba. De esta manera, algunas especies que no fueron afectadas directamente por la actividad humana, pero que han perdido un compañero de interacción indispensable, pueden desaparecer posteriormente por un proceso denominado cascada trófica. Un ejemplo paradigmático fue la extinción del águila de Haast *Hieraetus moorei* tras que los maoríes cazaran hasta la extinción a la media docena de especies de moa (Dinornithidae), su único recurso alimenticio^[54].

Una manera de recuperar las funciones perdidas en los ecosistemas es a través de la renaturalización o *rewilding*, consistente en la introducción de un taxón emparentado con el extinto y funcionalmente análogo. Experimentos controlados de renaturalización están siendo desarrollados en varios islotes alrededor de Mauricio, en donde las extintas tortugas endémicas (*Cylindraspis* spp.) fueron exitosamente sustituidas por la tortuga gigante de Aldabra *Aldabrachelys gigantea*, potenciando la dispersión y recuperación de árboles nativos que tras la extinción de las tortugas habían quedado desprovistos de su mejor dispersor^[55]. No obstante, en algunos casos, la diversidad y las funciones ecológicas de la fauna extinta fue sustituida por las propias especies introducidas, especialmente las más generalistas, como ha ocurrido en Hawái.

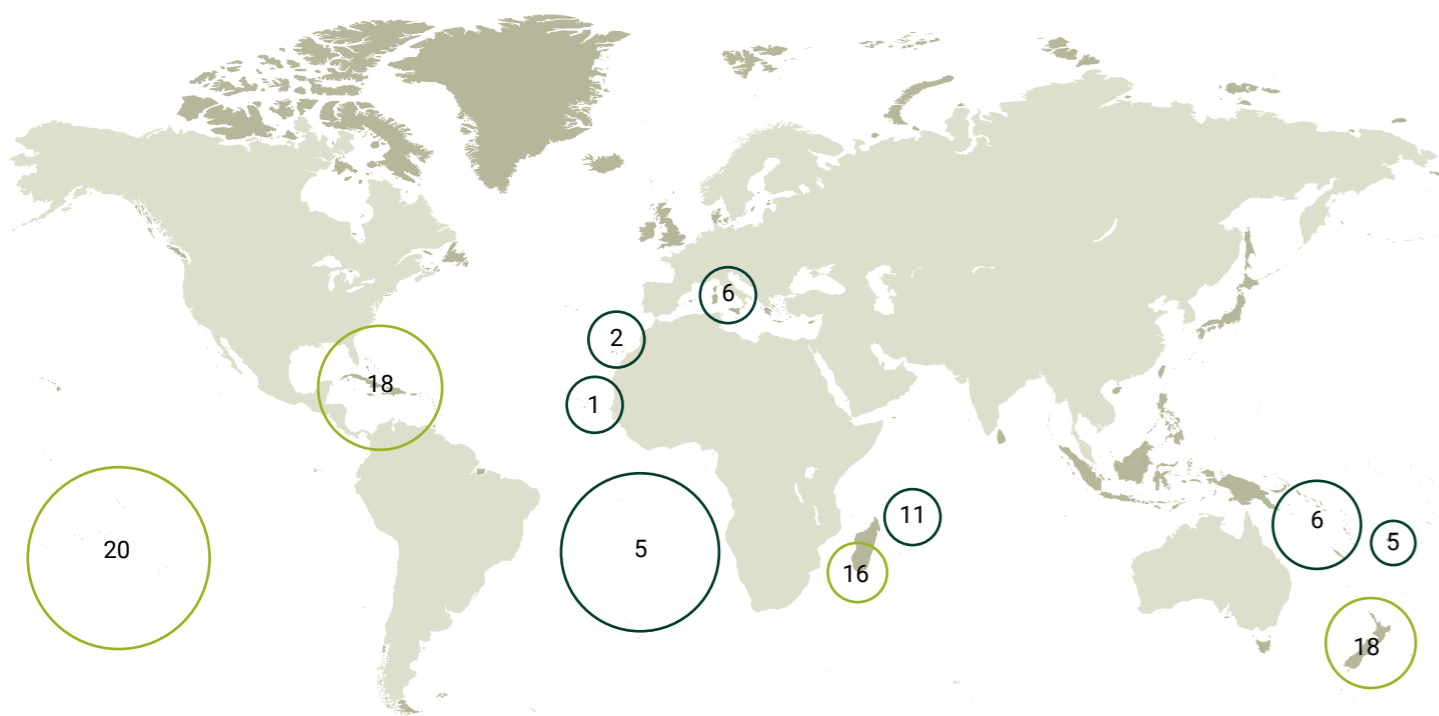


Extinción insular: algunas estadísticas

La contribución desproporcionada de las islas a la biodiversidad global es superada con creces por su contribución a las especies amenazadas, y, aún más, por la contribución de las islas a las especies extintas. Aproximadamente, el 50 % de las especies reconocidas por la IUCN en alguna de las categorías de amenaza son insulares y esta contribución se expande hasta cerca del 75 % de las aproximadamente 800 especies que se reconocen como extintas desde la expansión de los europeos por el globo. Este patrón es consistente entre los grupos taxonómicos presentes en las islas, todos ellos contribuyendo con más de un 50 % de las extinciones. Dicho de otra forma, la probabilidad de que una especie insular se extinga debido a la actividad de los humanos es 12 veces más alta que la de una continental.

POR QUÉ PENSAMOS EN ISLAS CUANDO HABLAMOS DE EXTINCIÓN

Contribución de la biota insular (verde oscuro) en comparación con la continental (verde claro) a las extinciones registradas desde la expansión de los europeos^[1].



IMPACTOS ABORIGEN VS. EUROPEO

Número de géneros endémicos de vertebrados cuya extinción ha sido atribuida a las actividades humanas^[56]. En verde claro, las extinciones atribuidas a los pobladores prehistóricos y en verde oscuro las atribuidas a los europeos. En algunos casos, como ocurre con los roedores endémicos de Canarias, la responsabilidad de las extinciones aún no está totalmente aclarada.

Además, muchas especies insulares fueron extinguidas por actividades humanas mucho antes de que fueran registradas y descritas por los naturalistas europeos, y son solo conocidas por restos fósiles (extinciones pre-descripción). Si estas extinciones, no consideradas en la estadística de

La probabilidad de que una especie insular se extinga por la actividad humana es 12 veces superior que la de una continental.

la IUCN, pues solo contabiliza las especies que se han extinguido una vez descritas formalmente para la ciencia (extinciones post-descripción), fueran incluidas, el número de extinciones insulares aumentaría con seguridad en, al menos, un orden de magnitud. Por ejemplo, Johnson y colaboradores^[56]

cuantifican que el 58 % de las extinciones de géneros de vertebrados debidas a los humanos en los últimos 40 000 años han ocurrido en islas. Slavenko y col.^[57] concluyen que de las 82 extinciones conocidas de reptiles que han ocurrido en el Planeta en los últimos 50 000 años, 73 (es decir, un 89 %) eran especies insulares. Aún más, de las 268 extinciones de mamíferos ocurridas durante el Holoceno, 225 (es decir, el 84 %) se han producido en islas. De forma similar, Duncan y col.^[58] han calculado que la colonización humana de las islas más remotas del Pacífico ha causado la extinción de cerca de un millar de especies de aves no paseriformes, cantidad a la que habría que añadir la debida a extinciones de aves marinas y paseriformes, aún no contabilizada.

Extinciones de especies insulares carismáticas por actividades humanas que ocurrieron antes de la llegada de los europeos incluirían, entre otras muchas, 17 lemures gigantes (Lemuridae), cuatro aves elefante (Aepyornithidae), y tres hipopótamos enanos (*Hyppopotamus* spp.)

en Madagascar, seis especies de moa (Dinornithiformes) en Nueva Zelanda, numerosos mieleros (Drepanidini), cuervos (Corvidae), patos (Anseriformes) en Hawái, la cabra-rata balear *Myotragus balearicus*, varias especies de perezoso gigante (Megalocnidae) del Caribe, así como el lagarto gigante extinto de Tenerife *Gallotia goliath* o la palmera de la isla de Pascua *Paschalcocos dispersa*^[30].

Extinciones ligadas a la expansión de los europeos por el mundo incluirían varias especies de tortugas (*Cylindraspis*) de las Mascareñas, el dodo de Mauricio *Raphus cucullatus*, el solitario de Rodrigues *Pezophaps solitaria*, el ibis de La Reunión *Threskiornis solitarius*, la vaca marina de Steller de la isla de Bering *Hydromamalis gigas*, cerca de 30 especies de caracoles del género endémico *Partula* de las islas de la Sociedad, varias especies de girasoles arbóreos (Asteraceae) de Santa Helena y, más recientemente, el escinco gigante de Cabo Verde *Chioninia coctei* o el lobo marsupial de Tasmania *Thylacinus cynocephalus*^[30]. Junto a estas, otras muchas especies menos

conspicuas, pero que indudablemente también desempeñaron funciones importantes en sus respectivos ecosistemas, entre ellas plantas vasculares, artrópodos, moluscos y otros invertebrados, desaparecieron también ante el empuje de los humanos.

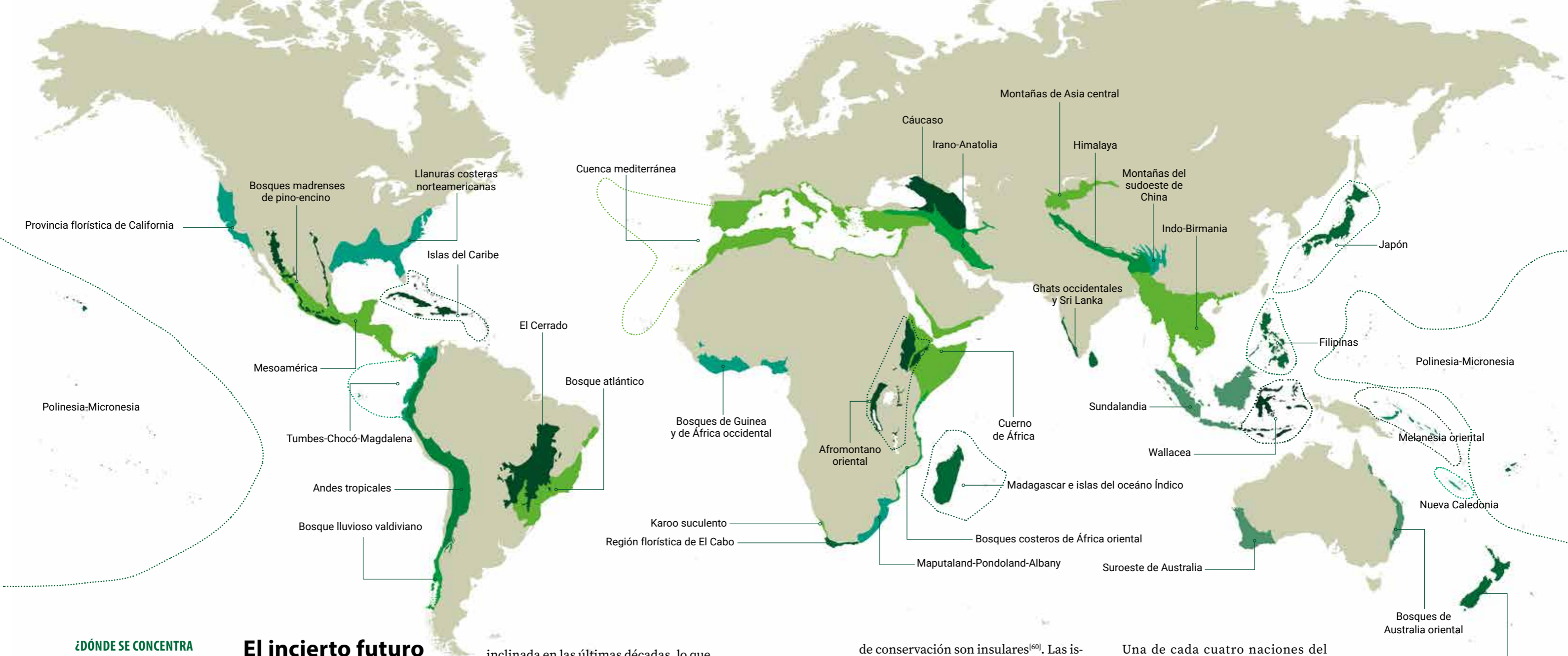
Todos estos ejemplos ilustran adecuadamente por qué entre los 36 puntos calientes de biodiversidad del Planeta identificados por la ONG Conservation International (2005) (que en solo un 2,3 % del área emergida de la Tierra albergan a más del 50 % de las plantas vasculares y al 42 % de los vertebrados terrestres del mundo), nueve puntos calientes están constituidos exclusivamente por islas: El Caribe, Madagascar y satélites (Comoras, Mascareñas y Seychelles), Melanesia Oriental, Japón, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Filipinas, Polinesia-Micronesia y Wallacea, mientras que en tres más (cuenca Mediterránea incluyendo Macaronesia), Ghats occidentales y Sri Lanka, y, finalmente, Sundalandia (incluyendo Sumatra, Borneo y Java), las islas constituyen una fracción significativa de los mismos.

TETIAROA

Uno de los autores del trabajo (Jean-Yves Meyer) juega con un cangrejo de los cocoteros *Birgus latro* en el atolón de Tetiaroa, en la Polinesia Francesa.

Foto | Jean-Yves Meyer





¿DÓNDE SE CONCENTRA LA BIODIVERSIDAD AMENAZADA?

Distribución mundial de los puntos calientes de biodiversidad reconocidos por la ONG Conservation International.

El incierto futuro de las islas en el Antropoceno

La información proporcionada aquí es meridianamente clara. Como ha ocurrido durante milenios, las islas continúan siendo el epicentro de la crisis mundial de la biodiversidad. Desafortunadamente, la pendiente de la curva de extinción que comenzó a acentuarse con la llegada de los primeros humanos a las islas y que continuó con la llegada de los europeos se ha vuelto aún más

inclinada en las últimas décadas, lo que significa que todavía estamos muy lejos de invertir esta tendencia. Actuaciones inmediatas basadas en consensos entre políticos, científicos, ecologistas y la sociedad civil se vuelven imprescindibles si se quiere frenar esta tendencia y conservar y recuperar ecosistemas insulares sanos.

La recuperación de la biota amenazada de las islas es aún posible; existen algunas señales alentadoras procedentes de diferentes islas alrededor del globo. Por ejemplo, el 65 % de las especies de aves cuya extinción se ha evitado en las últimas décadas gracias a medidas

de conservación son insulares^[60]. Las islas han sido testigo también de más de 700 procesos exitosos de erradicación de vertebrados introducidos (entre ellos ratones, ratas, conejos, cabras, cerdos o gatos)^[61]. Lamentablemente, la tasa de introducciones de especies en islas supera en varios órdenes de magnitud a la de las erradicaciones exitosas, que en gran medida están restringidas a islas muy pequeñas. Además, muchas pequeñas naciones insulares simplemente carecen de recursos e infraestructura para desarrollar las campañas de conservación adecuadas para preservar su biodiversidad.

Una de cada cuatro naciones del mundo es insular, lo que implica que los estados insulares podrían constituirse en un lobby político que abogara por la conservación de la biodiversidad insular en los foros apropiados. Estas iniciativas deben implicar a las comunidades locales, las ONG y autoridades para garantizar su seguimiento y la sustentabilidad a largo plazo. Además, es crucial formar especialistas locales en Biología de la Conservación, pues, independientemente de la llegada de recursos foráneos, representan una garantía de futuro para la biodiversidad insular •

Glosario

Colapso demográfico: riesgo de desaparición de una población por tener una distribución de sexos muy alejada del equilibrio, algo propio de poblaciones con tamaños muy reducidos.

Colapso genético: riesgo de desaparición de una población por la pérdida de variabilidad genética, algo propio de poblaciones con tamaños muy reducidos.

Compensación de densidades: proceso por el cual algunas especies insulares aumentan su densidad de individuos debido a la relajación de la competencia interespecífica ligada al empobrecimiento en especies.

Crisol evolutivo: laboratorio de la evolución en donde se generan constantemente nuevas especies, tal y como ocurre en las islas oceánicas.

Depresión por endogamia: proceso genético propio de bajos tamaños poblacionales por el cual el cruce entre parientes erosiona la diversidad genética acercando a la población a su desaparición.

Deriva génica: proceso que afecta a las poblaciones escasas en individuos por el cual es el azar, y no la presión selectiva del ambiente, quien dirige la creación de nuevas especies.

Dioecia: propiedad de las plantas que cuentan con individuos masculinos y femeninos, como la faya o el laurel.

Evento fundador: colonización espontánea de una isla por parte de uno o pocos individuos (grupo fundador) de una especie foránea.

Ingenuidad insular: característica de la fauna insular por la que pierde sus mecanismos defensivos por la ausencia de depredadores en las islas.

Lignificación secundaria insular: proceso evolutivo característico de islas por el cual ancestros herbáceos dan lugar a nuevas especies leñosas.

Linaje: conjunto de especies que comparten un ancestro común.

Radiación adaptativa: proceso evolutivo que crea nuevas especies mejor adaptadas que su ancestro común al medio en el que se desarrollan.

Radiación no adaptativa: proceso evolutivo que crea nuevas especies a partir de un ancestro común por mero aislamiento geográfico, sin implicar una mejor adaptación al medio.

Vicarianza: proceso biogeográfico por el que dos poblaciones pertenecientes a una misma población original quedan aisladas sin que medie una dispersión, por ejemplo, por el aumento del nivel del mar o por una erupción volcánica.

Referencias bibliográficas

- [1] Fernández-Palacios, JM; Kreft, H; Irl, SDH; Norder, S y otros. 2021. «Scientists’ warning – The outstanding biodiversity of islands is in peril». *Global Ecology and Conservation* 31, e01847.
- [2] Warren, BH; Simberloff, D; Ricklefs, RE; Aguilée, R y otros. 2015. «Islands as model systems in ecology and evolution: prospects fifty years after MacArthur-Wilson». *Ecology Letters* 18, 200–217.
- [3] Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species*. Londres: Murray.
- [4] Wallace, AR. 1881. *Island Life*. Nueva York: Harper & Brothers.
- [5] Carlquist, S. 1965. *Island Life*. Chicago: Academic Press.
- [6] Carlquist, S. 1974. *Island Biology*. Nueva York: Columbia University Press.
- [7] MacArthur, RH; Wilson, EO. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- [8] Whittaker, RJ; Fernández-Palacios, JM; Matthews, TJ; Borregaard, MK y otros. 2017. «Island biogeography: taking the long view of nature’s laboratories». *Science* 357, eaam8326.
- [9] Grant, P; Grant, R. 2008. *How and why species multiply. The radiation of Darwin’s finches*. Princeton: Princeton University Press.
- [10] Cronk, QCB. 1997. «Islands: stability, diversity, conservation». *Biodiversity and Conservation* 6, 477–493.
- [11] Fernández-Palacios, JM; Arévalo, JR; Balguerías, E; Barone, R y otros. 2017. *La Laurisilva. Canarias, Madeira y Azores*. Santa Cruz de Tenerife: Editorial Macaronesia.
- [12] Pillon, Y; Buerki, S. 2017. «How old are island endemics?» *Biological Journal of the Linnean Society* 121, 469–474.

- [13] Stuessy, TF; Crawford, DJ; Anderson, GJ; Jensen, ERJ. 1998. «Systematics, biogeography and conservation of Lactoridaceae». *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 4, 267–290.

- [14] Whittaker, RJ; Triantis, KA; Ladle, RJ. 2008. «A general dynamic theory of oceanic island biogeography». *Journal of Biogeography* 37, 977–994.

- [15] Weigelt, P; Steinbauer, MJ; Cabral, JS; Kreft, H. 2016. «Late Quaternary climate change shapes island biodiversity». *Nature* 532, 99–102.

- [16] Losos, JB; Ricklefs, RE. 2009. «Adaptation and diversification on islands». *Nature* 457, 830–836.

- [17] Menard, HW. 1986. *Islands*. Nueva York: Scientific American Library.

- [18] Frankham, R; Ballou, JD; Briskoe, DA. 2002. *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge: Cambridge University Press.

- [19] Whittaker, RJ; Fernández-Palacios, JM. 2007. *Island Biogeography. Ecology, evolution and conservation*. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press.

- [20] Louys, J; Braje, TJ; Chang, CH; Cosgrove, R y otros. 2021. «No evidence for widespread island extinctions after Pleistocene hominin arrival». *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 118, e2023005118.

- [21] Hume, JP. 2017. *Extinct Birds*, 2ª ed. Londres: Helm.

- [22] Wood, JR; Alcover, JA; Blackburn, TM; Bover, P y otros. 2017. «Island extinctions: processes, patterns, and potential for ecosystem restoration». *Environmental Conservation* 44, 348–358.

- [23] Nogué, S; Santos, AMC; Birks, HJB; Björck, S y otros. 2021. «The human dimension of biodiversity changes on islands». *Science* 372, 488–491.

- [24] Burney, DA. 1997. «Tropical islands as paleoecological laboratories: gauging the consequences of human arrival». *Human Ecology* 25, 437–457.

- [25] McWethy, DB; Whitlock, C; Wilmshurst, JM; McGlone, MS y otros. 2009. «Rapid deforestation of South Island, New Zealand, by early Polynesian fires». *Holocene* 19, 883–897.

- [26] Rick, TC; Kirch, PV; Erlandson, JM; Fitzpatrick, SM. 2013. «Archaeology, deep history, and the human transformation of island ecosystems». *Anthropocene* 4, 33–45.

- [27] de Nascimento, L; Nogué S; Naranjo-Cigala, A; Criado, C y otros. 2020. «Human impact and ecological changes during prehistoric settlement on the Canary Islands». *Quaternary Science Reviews* 239, 106332.

- [28] del Arco, MJ; González-González, R; Garzón-Machado, V; Pizarro-Hernández, B. 2010. «Actual and potential natural vegetation on the Canary Islands and its conservation status». *Biodiversity and Conservation* 19, 3089–3140.

- [29] Rocha, R; Menezes de Sequeira, M; Douglas, M; Gouveia, LR y otros. 2017. «Extinctions of introduced game species in oceanic islands: curse for hunters or conservation opportunities?» *Biodiversity and Conservation* 26, 2517–2520.

- [30] Turvey, ST. (ed.) 2009. *Holocene extinctions*. Oxford: Oxford University Press.

- [31] Cheke, AS; Hume, JP. 2008. *Lost Land of the Dodo: An Ecological History of Mauritius, Réunion and Rodrigues*. Londres: A & C Black.

- [32] Anderson, P. 1995. «Competition, predation, and the evolution and extinction of Steller’s sea cow, *Hydrodamalis gigas*». *Marine Mammal Science* 11, 391–394.

- [33] Johnson, TH; Stattersfield, AJ. 1990. «A global review of island endemic birds». *Ibis* 132, 167–180.

- [34] Rodríguez, F; Moreno, Á. 2004. «Pinzón Azul de Gran Canaria. *Fringilla teydea polatzeki*», pp. 370–372. En A Madroño; C González; JUC Atienza (eds.): *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife.

- [35] Sax, D; Gaines, SD. 2008. «Species invasions and extinction: the future of native biodiversity on islands». *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105, 11490–11497.

- [36] Williamson, M. 1996. *Biological Invasions*. Londres: Chapman & Hall.

- [37] van Kleunen, M; Essl, F; Pergl, J; Brundu, G y otros 2018. «The changing role of ornamental horticulture in alien plant invasions». *Biological Reviews* 93, 1421–1437.

- [38] Rodda, GH; Fritts, TH; McCoid, MJ; Campbell, EW III. 1999. «An overview of the biology of the brown treesnake (*Boiga irregularis*), a costly introduced pest on Pacific Islands», pp. 44–80. En GH Rodda; Y Sawai; D Chiszar; H Tanaka (eds.): *Problem snake management: the habu and the brown treesnake*. Ithaca: Cornell University Press.

- [39] Gerlach, J. 2016. *Icons of Evolution: Pacific Islands Tree-snails of the Family Partulidae*. Nueva York: Phelsuma Press.

- [40] Borges, PAV; Lamelas-López, L; Amorim, IR; Danielczak, A y otros. 2017. «Conservation status of the forest beetles (Insecta, Coleoptera) from Azores, Portugal». *Biodiversity Data Journal* 5, 14557.

- [41] Meyer, JY; Florence, J. 1996. «Tahiti’s native flora endangered by the invasion of *Miconia calvescens* DC. (Melastomataceae)». *Journal of Biogeography* 23, 775–781.

- [42] Cubas, J; Irl, SDH; Villafuerte, R; Bello-Rodríguez, V y otros. 2019. «Endemic plant species are more palatable to introduced herbivores than non-endemics». *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 286, 20190136.

- [43] Tye, A. 2006. «Restoration of the vegetation of the dry zone in Galápagos». *Lyonia* 9, 29–50.

- [44] Vitousek, PM; Walker, LR. 1989. «Biological invasion by *Myrica faya* in Hawai’i: Plant demography, nitrogen fixation, and ecosystems effects». *Ecological Monographs* 59, 247–265.

- [45] Bellard, C; Bertelsmeier, C; Leadley, P; Thuiller, W y otros. 2012. «Impacts of climate change on the future of biodiversity». *Ecology Letters* 15, 365–377.

- [46] Harter, D; Irl, S; Seo, B; Steinbauer, MJ y otros. 2015. «Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands –projections, implications and current knowledge». *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 17, 160–183.

- [47] Dickinson, WR. 2009. «Pacific Atoll living: How long already and until when». *GSA Today* 3, 4–10.

- [48] Chu, JE; Lee, SS; Timmermann, A; Wengel, C y otros. 2020. «Reduced tropical cyclone densities and ocean effects due to anthropogenic greenhouse warming». *Science Advances* 6, eabd5109.

- [49] Still, CJ; Foster, PN; Schneider, SC. 1999. «Simulating the effects of climate change on tropical mountain cloud forests». *Nature* 398, 608–610.

- [50] Sperling, FN; Washington, R; Whittaker, RJ. 2004. «Future climate change of the subtropical North Atlantic: implications for the cloud forests of Tenerife». *Climatic Change* 65, 103–123.

- [51] Triantis, KA; Borges, PAV; Ladle, RJ; Hortal, J y otros. 2010. «Extinction debt on oceanic islands». *Ecography* 33, 285–294.

- [52] Otto, R; Garzón-Machado, V; del Arco, M; Fernández-Lugo, S y otros. 2017. «Unpaid extinction debts for endemic plants and invertebrates as a legacy of habitat loss on oceanic islands». *Diversity and Distributions* 3, 1031–1041.

- [53] Aronson, J; Goodwin, N; Orlando, L; Eisenberg, C y otros. 2020. «A world of possibilities: six restoration strategies to support the United Nation’s Decade on Ecosystem Restoration». *Restoration Ecology* 28, 730–736.

- [54] Towns, DR; de Lange, P; Clout, MC. 2011. «New Zealand: Invasions», pp: 475–484. En D Simberloff; M Rejmánek (eds.): *Encyclopedia of Biological Invasions*. Los Angeles: University of California Press.

[55] Griffiths, CJ; Jones, CG; Hansen, DM; Puttoo, M y otros. 2010. «The use of extant non-indigenous tortoises as a restoration tool to replace extinct ecosystem engineers». *Restoration Ecology* 18, 1–7.

[56] Johnson, CN; Balmford, A; Brook, BW; Buettel, JC y otros. 2017. «Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene». *Science* 356, 270–275.

[57] Slavenko, A; Tallwin, OJS; Itescu, Y; Raia, P y otros. 2016. «Late quaternary reptile extinctions: Size matters, insularity dominates». *Global Ecology and Biogeography* 25, 1308–1320.

[58] Duncan, RP; Boyer, A; Blackburn, T. 2013. «Magnitude and variation of prehistoric bird extinctions in the Pacific». *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 110, 6.436–6.441.

[59] <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots>.

[60] Bolam, FC; Maire, L; Angelico, M; Brooks, TM y otros. 2020. «How many bird and mammal extinctions has recent conservation action prevented?». *Conservation Letters* 14, e12762.

[61] Keitt, B; Campbell, K; Saunders, A; Clout, M y otros. 2011. «The global islands invasive vertebrate eradication database: a tool to improve and facilitate restoration of island ecosystems», pp. 74–77. En CR Veitch; MN Clout; DR Towns (eds.): *Island Invasives: Eradication and Management*. Gland: IUCN.

Nota biográfica

José María Fernández-Palacios es catedrático de Ecología de la Universidad de La Laguna. Sus líneas de investigación se centran en la biogeografía insular, en la dinámica forestal de la laurisilva y del pinar, y en la paleoecología. En la actualidad es el presidente de la Society of Island Biology.

[jmferpal@ull.edu.es]

Holger Kreft es catedrático de Biodiversidad, Macroecología y Biogeografía de la Universidad de Göttingen. Está interesado

en comprender cómo y por qué la biodiversidad, incluyendo sus dimensiones taxonómica, funcional y filogenética, varía en espacio y tiempo, desde la parcela al conjunto del planeta, y cómo los humanos alteran dichos patrones.

[holger.kreft@forst.uni-goettingen.de]

Severin D.H. Irl es profesor de Biogeografía y Biodiversidad de la Universidad de Frankfurt. Investiga sobre la diversidad y la endemismo en islas y sistemas aislados, y sobre los impactos a la biota insular, como el cambio climático y las especies invasoras. Es secretario de la Society of Island Biology.

[irl@geo.uni-frankfurt.de]

Sietze Norder es un profesor de la Universidad de Utrecht que estudia cómo los patrones de la diversidad natural y cultural han sido modulados por los cambios ambientales y sociales. Es autor de un libro de divulgación científica y otro infantil acerca de la biodiversidad insular.

[sietze@sietzenorder.nl]

Claudine Ah-Peng es una investigadora de la Universidad de La Reunión que analiza los procesos que controlan la diversidad y distribución de los briófitos a lo largo de gradientes ambientales. En la actualidad está ocupada en poner a punto metodologías y parcelas permanentes de los ecosistemas de La Reunión (Mascareñas).

[claudine.ahpeng@univ-reunion.fr]

Paulo A.V. Borges es un investigador de la Universidad de Azores centrado en analizar los patrones y procesos macroecológicos de artrópodos en ecosistemas insulares. En la actualidad recolecta datos ecológicos para investigar los procesos que afectan a la diversidad de especies, abundancia y distribución a diferentes escalas espaciales en Azores.

[paulo.av.borges@uac.pt]

Kevin C. Burns es catedrático de Biología en la Universidad de Victoria en Wellington (Nueva Zelanda). La mayor parte de su investigación surge de observaciones de historia natural y, resultante de ellas, abarca diversas disciplinas, desde el comportamiento animal hasta la interacción animal-planta y la evolución vegetal.

[Kevin.Burns@vuw.ac.nz]

Lea de Nascimento es profesora de Ecología en la Universidad de La Laguna y su investigación se centra en el estudio del impacto humano en ecosistemas insulares a largo plazo, incluyendo la reconstrucción de ambientes pasados mediante técnicas paleoecológicas, la dinámica de ecosistemas y la captura de carbono en ecosistemas terrestres.

[leadenas@ull.edu.es]

Jean-Yves Meyer es un ecólogo terrestre y biólogo de la conservación que trabaja para el Gobierno de la Polinesia Francesa, con una experiencia de 30 años en el Pacífico, y dedicado a la flora endémica y nativa, gestión de las especies introducidas, restauración de hábitats e interacciones natura-cultura.

[jean-yves.meyer@recherche.gov.pf]

Elba Montes trabajó durante 11 años como técnica superior de Medio Ambiente en el Consell Insular d'Eivissa, realizando en esta isla gran parte de su tesis doctoral sobre culebras invasoras. En 2021 se doctoró en Biodiversidad y Biología Evolutiva, participando actualmente en un proyecto de investigación financiado por National Geographic.

[elbamontesv@gmail.com]

Donal R. Drake es catedrático de Botánica en la Universidad de Hawái. Su mayor interés es entender cómo las interacciones entre plantas y animales contribuyen a las dinámicas poblacionales y comunitarias. Su mayor motivación es entender los sistemas naturales y utilizar ese conocimiento para conservar los ecosistemas insulares.

[dondrake@hawaii.edu]

Cita recomendada

Fernández-Palacios, JM; Kreft, H; Irl, SDH; Norder, S; Ah-Peng, C; Borges, PAV; Burns, KC; de Nascimento, L; Meyer, J-Y; Montes, E; Drake, DR. 2023. «La sobresaliente biodiversidad insular está en peligro. Advertencia de la comunidad científica a los poderes públicos». *inDiferente* 24, 100-123.



Foto | Steve Allen



Ayuntamiento
VILLA DE LA OROTAVA
*Concejalía Delegada de Medio Ambiente,
Sostenibilidad y Cambio Climático*



CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL