

LYCHNOS

Cuadernos de la Fundación General CSIC / Nº 9 / Junio 2012 / Publicación trimestral / Precio: 9 euros



4

La crisis de la
biodiversidad

12

I + D en especies amenazadas:
Proyectos Cero FGCSIC

46

En torno a la
biodiversidad...

68

Banco Santander
con el medio ambiente

LYCHNOS

Cuadernos de la Fundación General CSIC

Nº 9 JUNIO 2012

Dirección

Reyes Sequera

Edición

Sira Laguna

Maquetación

DiScript Preimpresión, S. L.

Ilustración

Lola Gómez Redondo

Edita

Fundación
General CSIC

Presidente

Emilio Lora-Tamayo D'Ocón

Director General

Javier Rey Campos

Dirección postal

c/ Príncipe de Vergara, nº 9 - 2ª derecha; Madrid 28001

www.fgcsic.es

© Fundación General CSIC, 2012

Todos los derechos reservados. La utilización por parte de terceros de las obras contenidas en esta revista, sin el consentimiento previo y por escrito de su titular, podrá constituir una infracción civil o la comisión de un delito contra la propiedad intelectual.

Imprime: Cyan S.A.

Dep.Legal S.527-2010

ISSN: 2171-6463

En esta edición se utiliza papel sometido a un proceso blanqueado ECF, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible certificada.

ÍNDICE

LYCHNOS Nº 9 JUNIO 2012

01 La crisis de la biodiversidad. <i>Rafael Zardoya</i>	4
02 I + D en especies amenazadas: Proyectos Cero FGCSIC	12
02.1 El lince ibérico entra en la era de la genómica. <i>Toni Gabaldon</i>	14
02.2 Nuevos nacimientos dan esperanza a las plantas españolas más amenazadas. <i>Pedro Jiménez-Mejías, Elena Amat, Inés Álvarez y Pablo Vargas</i>	22
02.3 Lucha sin cuartel contra la quitridiomycosis: la gran amenaza de los anfibios. <i>Andrés Fernández Loras, Jaime Bosch Pérez, Matthew Fisher y Trenton WJ Garner</i>	28
02.4 Aves amenazadas y agricultura: nuevas aproximaciones en las estrategias de conservación. <i>Laura Cardador, Gerard Bota, David Giralt, Fabián Casas, Beatriz Arroyo, Carlos Cantero, François Mougeot, Lourdes Viladomiu, Judít Moncunill y Lluís Brotons</i>	33
02.5 Avances científicos en la conservación de <i>Patella ferruginea</i> . <i>Javier Guallart, José Templado, Marta Calvo, Iván Acevedo, Eusebio Bonilla, Josu Pérez, Annie Machordom, Juan B. Peña, Ángel Luque y Paola Martín</i>	40
03 En torno a la biodiversidad...	46
03.1 El paisaje en mosaico del Mediterráneo y su supervivencia: de la ganadería extensiva al papel desempeñado por las especies exóticas. <i>Jorge Cassinello Roldán</i>	48
03.2 Una mirada a la biología de la conservación desde la biología evolutiva. <i>Xavier Bellés</i>	57
03.3 Algunos secretos de las plantas amenazadas del Pirineo. <i>María Begoña García</i>	62
04 Banco Santander. Un compromiso con el medio ambiente	68
04.1 Banco Santander, al natural. <i>División Global Santander Universidades</i>	70
04.2 Entrevista a José Antonio Villasante	77
05 Tribuna	80
06 Noticias	84

01

**La crisis
de la biodiversidad**



La crisis de la biodiversidad: retos científicos y políticos

Por primera vez en la historia del planeta, la especie humana tiene la capacidad de alterar el equilibrio natural a nivel global y producir una nueva extinción masiva. Ante esta situación, las acciones a tomar por los gobiernos son cada vez más urgentes y es necesario conseguir que la comunidad científica internacional actúe de forma coordinada.

Rafael Zardoya

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

En el *Origen de las especies*, publicado en 1859, Darwin demostró de forma elegante como la asombrosa diversidad biológica que nos rodea, y de la que formamos parte, se genera constantemente mediante la evolución de nuevas especies a partir de las ya existentes. La selección natural, que actúa a nivel poblacional, es el mecanismo principal de la evolución y es el que determina qué especies están mejor adaptadas a unas condiciones ambientales determinadas y cuáles, no

pudiendo sobrevivir de forma óptima en tales condiciones, acaban por extinguirse. El registro fósil nos da cuenta de una dinámica continuada de reemplazo de unos antepasados por sus descendientes mejor adaptados a lo largo de la historia del planeta. De hecho, es fácil comprender que las especies que ahora mismo conviven con nosotros constituyen tan solo una mínima parte de las que han habitado la Tierra históricamente y se calcula que un 98% de las especies conocidas para la cien-

cia están extintas. Al margen de esta sustitución gradual y continuada de las especies, de forma episódica la vida en la Tierra se ha enfrentado varias veces a eventos de extinción masiva a nivel planetario. De acuerdo con el registro fósil, desde el Cámbrico, hace 542 millones de años, ha habido al menos cinco extinciones masivas, siendo la del final del Pérmico, hace 251 millones de años, la mayor de ellas (aunque las cifras no son concluyentes algunos autores calculan que aproximadamente

un 96% de las especies marinas y un 70% de las terrestres desaparecieron). Después de cada uno de estos eventos, los nichos ecológicos quedan vacíos y la selección natural trabaja con prontitud para recuperar los niveles de diversidad perdidos. Ahora bien, los nuevos grupos dominantes (en términos de diversidad) no tienen ya por qué ser, y de hecho no lo suelen ser, aquellos que dominaban con anterioridad a la catástrofe. De todos es conocido cómo a finales del Cretácico, hace 65 millones de



Rafael Zardoya.

Rafael Zardoya

Profesor de investigación del CSIC en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC) de Madrid. Doctor en Biología por la Universidad Complutense de Madrid en 1994. Realizó una estancia posdoctoral entre 1995 y 1997 en la State University of New York en Stony Brook con Axel Meyer. Desde 1999 trabaja en el MNCN-CSIC en el estudio con marcadores moleculares de las relaciones filogenéticas de diversos grupos taxonómicos y los mecanismos evolutivos implicados en la generación de la diversidad biológica. Perteneció al comité editorial de *Journal of Molecular Evolution*, *Systematic Biology*, *mitochondrial DNA*, *BMC Bioinformatics* y *Animal Biology and Conservation*. En la actualidad es miembro del comité internacional bioGENESIS de DIVERSITAS y ha ocupado distintos cargos de responsabilidad en el CSIC, siendo coordinador del Área de Recursos Naturales entre 2008 y 2012.

años, la caída de un meteorito provocó que, dentro de los vertebrados terrestres, los dinosaurios desaparecieran y en cambio los mamíferos y las aves aprovecharan para diversificarse.

Por primera vez en la historia del planeta, una especie (la nuestra) tiene la capacidad de alterar el equilibrio natural a nivel global y producir una nueva extinción masiva (en la actualidad desaparecen aproximadamente 200 especies por día, lo cual supone 1.000 veces la tasa natural de extinción). El progreso tecnológico ha permitido que la población humana crezca a un ritmo sin precedentes. Así, se calcula que la población humana mundial ronda en la actualidad los 7.000 millones de personas, siendo el crecimiento neto diario de 95.000 personas. Como animales heterótrofos que somos, necesitamos cubrir nuestras demandas míni-

mas (y en el primer mundo no tan mínimas) de energía consumiendo los recursos naturales y, por ello, ejercemos una gran presión sobre el medio ambiente. De forma irresponsable, el crecimiento poblacional y el «bienestar» humano se han basado en una concepción equivocada de la naturaleza como fuente inagotable de recursos que ha llevado a su sobreexplotación, así como en una confianza ciega (pero irracional) en que la capacidad inventiva de nuestra especie nos permitirá salir indemnes siempre de nuestros errores. La actividad humana tiene un impacto tal sobre el planeta que ha pasado de ser local para afectar de forma global a los ciclos de los elementos, el agua, el clima y la biodiversidad. Por ejemplo, en lo que llevamos de 2012 se han perdido en el mundo 2 millones de hectáreas de bosque (lo que equivale a la cuarta parte de la superficie de España), la de-

certificación ha avanzado casi 5 millones de hectáreas (10 veces la superficie de España) y las emisiones globales de CO₂ superan los 13.000 millones de toneladas.

Por lo tanto, es urgente realizar acciones decididas que detengan esta situación alarmante. Frenar la denominada «sexta gran extinción» requiere, en primer lugar, consolidar un conocimiento científico bien fundamentado de la biodiversidad existente, y su funcionamiento, así como de las causas y las consecuencias de su pérdida. En segundo lugar, este conocimiento debe ser la base para concienciar a la sociedad y tomar las medidas políticas necesarias a nivel internacional de adaptación y mitigación de la pérdida de biodiversidad.

Retos científicos

Vivimos un momento crítico para la biodiversidad en el sis-

tema Tierra, causado directamente por la presión humana. Si queremos superarlo es obligatorio mejorar nuestro conocimiento de los mecanismos que generan y mantienen la diversidad biológica, así como predecir cual será la respuesta de los ecosistemas al cambio global de origen antrópico. La ciencia de la biodiversidad aspira a ser integradora e interdisciplinar, uniendo conocimientos de historia natural, biología evolutiva, genética, ecología, así como de ciencias sociales. Dado que las acciones a tomar por los gobiernos son cada vez más urgentes, es necesario conseguir que la comunidad científica internacional actúe de forma coordinada y focalice sus esfuerzos en entender las causas, las dimensiones y las consecuencias de la pérdida global de la biodiversidad. Para conseguir esta coordinación, existen programas internacionales como DIVERSITAS (<http://www.diversitas-international.org/>), que ha identificado en su nuevo Plan estratégico de 2012 cuatro grandes retos científicos a afrontar en el futuro próximo:

- 1) Identificar aquellos cambios críticos en la biodiversidad que sean perjudiciales y la pongan en riesgo y generar el conocimiento necesario para evitarlos, limitarlos o mitigarlos. Se trata de investigar mediante ob-



Cabo de Buena Esperanza, un punto caliente de biodiversidad. / Foto: cedida por el autor.

servaciones, experimentos y modelado, la dinámica de la pérdida de biodiversidad, los procesos no-lineales, los umbrales y los puntos de inflexión, considerando las diferentes escalas de organización biológica, desde genes hasta ecosistemas.

2) Comprender cómo las decisiones de gestión influyen en los procesos evolutivos y ecológicos de la biodiversidad, y avanzar hacia un modelo de gestión efectiva y sostenible de los ecosistemas actuales, que permita conectar su funcionamiento con los servicios del ecosistema. Asimismo, explorar nuevas formas de gestión de sistemas complejos a diferentes escalas que lleven a mejorar la adaptación de la biodiversidad y los servi-

cios del ecosistema al cambio global.

3) Entender los mecanismos de diversificación, generadores y organizadores de la biodiversidad a nivel genómico, de especie, comunidad y ecosistema a diferentes escalas espaciales y temporales. Determinar las causas de los cambios en la biodiversidad global, cuantificando su estado actual, distribución y tendencias. Analizar cómo la presión humana influye sobre dichos mecanismos y contribuyen a mantener o cambiar la biodiversidad.

4) Fortalecer los esfuerzos para desarrollar una comunidad de científicos trabajando de forma coordinada en biodiversidad que sea

verdaderamente global (en particular que incluya a los científicos de los países con alta biodiversidad) y equilibrada a nivel de disciplinas. Fomentar la interdisciplinariedad, el desarrollo de redes nacionales y supranacionales y la conexión con los gestores políticos.

En resumen, para poder predecir y atenuar el efecto del cambio global en la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, el reto es entender la estructura y el funcionamiento de los sistemas naturales a escalas temporales y espaciales hasta ahora nunca vislumbradas, lo cual requiere una fuerte cohesión de la comunidad científica internacional. Dada la rapidez con la que las especies desaparecen, se hace necesario desarrollar nuevas estrategias y herramientas para el inventariado urgente de la biodiversidad, en particular en las regiones tropicales, así como en ambientes extremos o poco explorados. Además, se necesita potenciar los sistemas de monitorización de la biodiversidad a distintas escalas y niveles de organización con el fin de conocer los factores que explican los cambios bióticos e identificar regiones particularmente vulnerables a la pérdida de biodiversidad. Todo ello debe permitir mejorar los modelos de predicción de cambios en la biodiversidad en respues-

ta a la presión humana y poder realizar proyecciones cuantitativas fiables que sean útiles a los gobiernos a la hora de tomar decisiones de gestión.

La ingente cantidad de datos sobre biodiversidad y medioambientales que se generan constantemente, a nivel mundial y en diferentes formatos, plantea como reto la construcción de infraestructuras virtuales distribuidas basadas en tecnologías de la información, dedicadas a la homogeneización de los datos, y la conexión entre capas de información que den servicio tanto a la comunidad científica internacional como a las Administraciones públicas. Las redes existentes de movilización y acceso de datos sobre taxonomía y distribución de las especies, como GBIF (<http://www.gbif.org/>), y de sistemas de observación ecológica a largo plazo, comoILTER (<http://www.ilternet.edu/>), suministran información a las infraestructuras virtuales, como GEOBON (<http://www.earthobservations.org/geobon.shtml>), DataONE (<https://www.dataone.org/>) o LIFEWATCH (<http://www.lifewatch.eu/>) que cuando funcionan a pleno rendimiento se encargarán de garantizar la preservación, el acceso, la interoperabilidad, el uso y la reutilización de datos multidisciplinares, homogéneos y

a diferentes escalas por parte de la comunidad científica. Además proporcionarán servicios de análisis accesibles a los responsables políticos, los gestores y otros usuarios. La construcción de estas infraestructuras necesarias para afrontar los retos que plantea la crisis actual de la biodiversidad requerirá involucrar activamente tanto a investigadores en biodiversidad como a expertos en tecnologías de la información para llegar a buen término en la próxima década.

Retos políticos

Las consecuencias del cambio global son en primer lugar ecológicas pero inmediatamente después energéticas, económicas y sociales. Ante el cambio global es necesario, por una parte, adaptarse y, por otra, poner en marcha las acciones necesarias para miti-

garlo. Ello implica la coordinación política de los países y la toma de decisiones basadas en el conocimiento científico. Así se comprendió en 1992, cuando se realizó en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la que surgieron directamente la Convención sobre el Cambio Climático, la Convención sobre Desertificación y la Convención sobre Diversidad Biológica (CBD; <http://www.cbd.int/>). El órgano rector de esta última es la Conferencia de las Partes (COP) que desde 1992 se ha reunido en diez ocasiones. En la reunión de la COP de abril de 2002 en La Haya, se adoptó la denominada Meta de Diversidad Biológica 2010 que proponía «lograr para el año 2010 una reducción significativa del ritmo actual de pérdida de la diversidad bio-

lógica a nivel mundial, regional y nacional, para contribuir a la reducción de la pobreza y en beneficio de todas las formas de vida en la Tierra». Sin embargo, en 2010 no quedaba más remedio que reconocer que no se habían alcanzado los objetivos propuestos a nivel mundial. Los diferentes indicadores muestran que la degradación de los hábitats naturales (en especial los humedales), la fragmentación de los ecosistemas, la pérdida de diversidad genética de cultivos y ganado, la reducción de las poblaciones (en particular de vertebrados en regiones tropicales) y el riesgo de extinción (ejemplarizado por anfibios y corales) no se han detenido. Más aún, problemas como la sobreexplotación, la contaminación, el cambio climático, la dispersión de las especies exóticas invasoras, que son causas directas de la pérdida de biodiversidad, se han intensificado. Las acciones previstas no se han llevado a cabo debido principalmente a insuficiente financiación y políticas contradictorias. Hemos perdido un tiempo precioso y lo peor es que las predicciones hacia el futuro no son halagüeñas y traen consigo una significativa reducción de los servicios del ecosistema, así como la posibilidad no remota de que los efectos combinados de las diferentes formas de presión humana lleven

a superar de forma irreversible umbrales o puntos de inflexión a partir de los cuales el efecto de la pérdida de biodiversidad sería vertiginoso.

Intentando aprender de la experiencia pasada y de los errores cometidos, en la reunión de la COP de octubre de 2010 en Nagoya (<http://www.cbd.int/cop10/>), se definieron nuevos objetivos estratégicos con 20 metas operativas a cumplir en el año 2020, algunas a escala mundial, otras a nivel nacional y regional. Se pretende, no reducir, pero sí al menos, detener la pérdida de la biodiversidad en 2020. Para ello, se plantea como premisa necesaria el incrementar y garantizar la movilización de los recursos necesarios (financieros, humanos y técnicos) para el cumplimiento del Plan Estratégico del Convenio. Para el año 2020 se espera, por ejemplo, que los Gobiernos adopten medidas para lograr a nivel sectorial la sostenibilidad en la producción y el consumo dentro de límites ecológicos seguros. Entre otras acciones, se propone reducir, por lo menos, a la mitad el ritmo de pérdida de todos los hábitats naturales; llevar la contaminación a niveles que no resulten perjudiciales para el funcionamiento de los ecosistemas; identificar y priorizar las especies exóticas invasoras y sus vías de introducción, controlando o erradicando las especies priori-



La fauna de los polos se afectada por el cambio climático. / Foto: cedida por el autor.

tarias; conseguir que al menos el 17 por ciento de las zonas terrestres y de aguas continentales y el 10 por ciento de las zonas marinas y costeras sean áreas protegidas; restaurar por lo menos el 15 por ciento de las tierras degradadas; y avanzar significativamente en los conocimientos, la base científica y las tecnologías referidas a la diversidad biológica. Además, un objetivo en el que se viene trabajando en los últimos años es conseguir el respeto a los conocimientos y las prácticas tradicionales de las comunidades indígenas y locales pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica. En la propia COP de 2010, se aprobó el Protocolo de Nagoya que regulará en el futuro el acceso y la participación justa y equitativa en los beneficios de un recurso genético (y sus derivados) mediante la emisión por las partes de un certificado internacional que incluya el consentimiento fundamentado previo y las condiciones mutuas acordadas con las comunidades locales.

En Nagoya, esta concienciación internacional de la necesidad imperativa de detener la crisis de la biodiversidad mediante iniciativas directas de su conservación y reducción de los desencadenantes de su pérdida cristalizó en la propuesta de creación de la Plataforma Intergubernamental

sobre la Biodiversidad y los Servicios del Ecosistema (IPBES; <http://www.ipbes.net/>). Esta plataforma, que fue constituida formalmente en Panamá en abril de 2012 y cuya sede estará en Bonn, toma como modelo el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) cuyo cuarto informe de evaluación de 2007 (AR4) constató la existencia de numerosas pruebas científicas inequívocas de un calentamiento del sistema climático del planeta debido a las actividades humanas. IPBES deberá ser un punto de contacto independiente y reconocido a nivel mundial entre la comunidad científica y los gestores políticos que analice y sintetice en evaluaciones periódicas la mejor información científica multidisciplinar sobre la biodiversidad y los servicios del ecosistema y la ponga a disposición de los gobiernos para la toma de decisiones.

Un reto importante es la implementación de los acuerdos de Nagoya en los diferentes países. En este sentido, España participó en la COP de Nagoya y asumió la postura de la Unión Europea que quiere impulsar el cumplimiento de objetivos para el 2020. Esta tarea le corresponde al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) que ha fomentado el desarrollo de la ley 42/2007 de



Conferencia de las Partes (COP) de la Convención sobre Diversidad Biológica (CBD) en Nagoya 2010. / Foto: cedida por el autor.

13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad mediante, entre otros, el Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y el Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el Listado y Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Asimismo, en breve España se integrará en IPBES.

Como se ha mencionado aquí, la vida en la Tierra ha si-

do siempre capaz de superar con éxito los eventos masivos de pérdida de biodiversidad, pero en el proceso de regeneración subsiguiente, las especies previamente dominantes (en el caso de la presente crisis, la humana) suelen llevar la peor parte, pudiendo llegar a extinguirse. Nuestro legado a las futuras generaciones depende de la toma urgente de decisiones políticas responsables y de medidas adecuadas que mitiguen nuestro impacto sobre el sistema Tierra, e impidan que se sobrepasen puntos de inflexión sin retorno. De forma indispensable, estas acciones deben basarse en un conocimiento científico sólido del funcionamiento de la naturaleza. ■



www.fgcsic.es

02

**I + D en especies
amenazadas:
Proyectos Cero FGCSIC**



El lince ibérico entra en la era de la genómica

Según el autor, la secuenciación del genoma del lince ibérico se ha llevado a cabo en el Centro Nacional de Análisis Genómico (CNAG) usando fundamentalmente la tecnología *Illumina*, una de las metodologías de mayor uso en la actualidad. Como otras estrategias de secuenciación genómica, la secuenciación por *Illumina* se aplica tras una fragmentación masiva y aleatoria del material genómico.

Toni Gabaldon

Universitat Pompeu Fabra

Introducción

Aunque Candiles no lo sepa, está a punto de escribir una página importante en la historia de su especie, una página escrita con millones de caracteres de solo cuatro tipos: A, C, G, y T. Este macho de lince ibérico (*Lynx pardinus*), procedente de la población de Sierra Morena, ha sido el individuo seleccionado para producir el genoma de referencia de esta especie (Figura 1). A partir de una pequeña muestra, y aplicando las últi-

mas tecnologías en el arte de descifrar el material genético de un organismo, se pretende abrir una ventana al pasado y presente de esta especie. Una ventana que también aspira ser una herramienta de utilidad para asegurar el futuro del lince ibérico, el felino más amenazado del mundo. Los propósitos y aspectos más generales del proyecto de secuenciación del lince ibérico fueron descritos anteriormente en esta revista (Godoy J.A. (2010) *Lychnos* 3:02.1). El pre-

sente artículo se centrará en la estrategia general de secuenciación y en el análisis comparativo del genoma.

En los últimos años la biología ha experimentado una enorme transformación que ha sido favorecida por el desarrollo de nuevas tecnologías de secuenciación masiva. Estas técnicas, basadas en la determinación en paralelo de las secuencias de millones de fragmentos cortos de ADN, permiten el descifrado de ge-

nomas completos a precios y tiempos nunca antes imaginados. Si bien el primer borrador del genoma humano necesitó de la implicación de cientos de investigadores durante años y de una financiación en torno a los 3.000 millones de dólares, hoy en día la secuenciación de un nuevo genoma humano puede completarse por tan solo varios miles de dólares, en unos meses, y con la participación de un reducido grupo de investigación. Parte de esta reducción

del coste y esfuerzo necesarios se debe a que ya disponemos de un genoma humano de referencia, lo cual facilita la reconstrucción del de un nuevo individuo, pero es innegable que la tecnología actual hace de la determinación de genomas completos un objetivo más asequible. Gracias a estos avances, en la actualidad, son miles las especies para las cuales disponemos de información genómica, aunque el grueso de las especies secuenciadas lo forman organismos bacterianos (unos 3.000) y hongos (unos 200), debido a que poseen genomas de pequeño tamaño y a su gran interés desde el punto de vista clínico o industrial. Sin embargo, el número de organismos complejos para los cuales se dispone de una secuencia genómica completa empieza a aumentar considerablemente. Así, en la actualidad contamos con unos 30 genomas de plantas y 60 de vertebrados, y con iniciativas internacionales ambiciosas que aspiran a secuenciar no una sino miles de especies, como el proyecto Genome10K, que se propone obtener las secuencias de 10.000 especies de vertebrados, o la iniciativa i5K, que pretende hacer lo propio con 5.000 insectos y otros artrópodos.

Pese a que el interés clínico o industrial sigue imperando co-

mo uno de los principales motivos para la secuenciación de una especie, la biología de la conservación no ha quedado ajena a la era de la genómica. Especies sin interés clínico o industrial, pero emblemáticas y en peligro de extinción, comienzan a ser consideradas objetivo de proyectos genómicos. En este sentido, la secuenciación en 2009 del oso panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*) por el Instituto de Genómica de Beijing (BGI) constituyó un hito en la genómica de especies en peligro de extinción. Los beneficios esperados de la obtención de la secuencia genómica completa de una especie protegida son múltiples. Por una parte, disponer del cartografiado genético permitirá avanzar enormemente en el conocimiento de la biología de la especie, ya que revela las actividades codificadas por el genoma. En el análisis del genoma del oso panda, por ejemplo, la ausencia de genes implicados en la degradación de celulosa apuntó a una importancia determinante de la flora bacteriana en la adquisición de una dieta herbívora. Por otra parte, el genoma completo de una especie en peligro de extinción proporciona herramientas muy potentes para estudiar las dinámicas poblacionales, las estructuras demográficas y aspectos particulares de especial relevancia, como la respuesta a enferme-



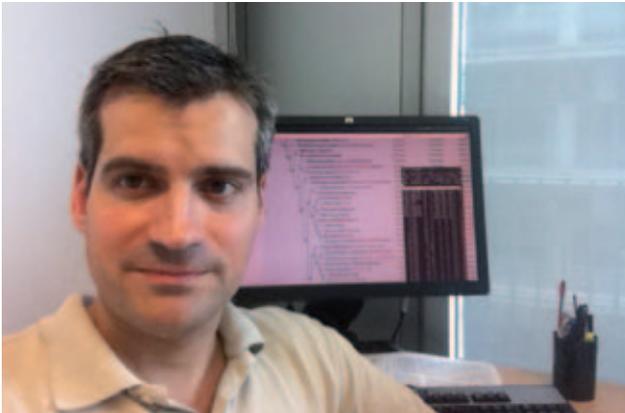
Figura 1. Candiles, el ejemplar secuenciado. / Foto: María José Pérez.

dades infecciosas. El genoma de un individuo contiene información de eventos pasados, y permite evaluar algunos de los riesgos a los que se pueden enfrentar las poblaciones, como son la falta de diversidad genética o la acumulación de variantes genéticas nocivas. En el caso del oso panda, el estudio del genoma reveló la exis-

tencia de una gran diversidad genética, el doble de la existente en humanos, lo que permite albergar esperanzas sobre su potencial de recuperación.

Estrategia de secuenciación y anotación del genoma

La secuenciación del genoma del lince ibérico se ha llevado a cabo en el Centro Nacional



Toni Gabaldon

Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia (1996) y el doctor en Ciencias Médicas por la Universidad de Nijmegen, Holanda (2005). Desde 2008 dirige el grupo de Genómica Comparada del Centro de Regulación Genómica (CRG) en Barcelona, y desde 2009 también trabaja como profesor asociado en la Universitat Pompeu Fabra, donde enseña bioinformática y evolución molecular.

Sus intereses se centran en el estudio de las relaciones entre genotipo y fenotipo mediante el análisis comparativo y evolutivo de secuencias genómicas de multitud de organismos. Para ello emplea técnicas computacionales de análisis evolutivo a gran escala que ha aplicado a responder diversas preguntas, tales como la evolución de los orgánulos celulares o la determinación de las bases moleculares de enfermedades genéticas o infecciosas. Asimismo colabora en varios proyectos internacionales de secuenciación genómica, algunos de los cuales codirige.

Es autor de más de 60 publicaciones científicas internacionales incluyendo varias en *Science*, *Nature* o *PloS Biology*. Actualmente es el secretario de la Sociedad Española de Biología Evolutiva.

de Análisis Genómico (CNAG) usando fundamentalmente la tecnología *Illumina*, una de las metodologías de secuenciación de nueva generación de mayor uso en la actualidad. Como otras estrategias de secuenciación genómica, la secuenciación por *Illumina* se aplica tras una fragmenta-

ción masiva y aleatoria del material genómico. Tras una selección de fragmentos de un tamaño apropiado y ciertos tratamientos previos, las secuencias son leídas automáticamente en un secuenciador (Figura 2), un complejo aparato capaz de realizar millones de reacciones químicas y sus

correspondientes lecturas en paralelo. En *Illumina*, esta paralelización se basa en la unión y amplificación de los fragmentos a una superficie sólida, de modo que cada reacción de secuenciación, y su lectura, se realiza de forma localizada y simultánea. El descifrado de la secuencia consiste en una «secuenciación por síntesis», es decir, que los nucleótidos se leen a medida que se van añadiendo al copiar la molécula de DNA mediante el proceso enzimático de replicación. Esto se consigue con el uso de nucleótidos marcados con fluorescencia y la terminación controlada del proceso de replicación, lo que permite leer «nucleótido a nucleótido». En cada operación se leen millones de fragmentos en paralelo, lo que constituye la principal ventaja de esta tecnología. Sin embargo existen límites en la longitud de secuencia que se puede leer con fiabilidad. Este límite se encuentra en la actualidad en torno a los 100 nucleótidos.

La lectura de fragmentos cortos tiene el inconveniente de dificultar el proceso de reconstrucción de la secuencia lineal del genoma, algo que en ausencia de un genoma de referencia se ha de hacer mediante el «ensamblado» de los fragmentos leídos. Este ensamblado consiste en reconstruir el orden de los fragmen-

tos basándose en la detección de solapamientos de secuencias. Se puede entender el proceso usando como analogía la hipotética reconstrucción de *El Quijote* a partir de fragmentos de texto producidos al azar. Así, la existencia de solapamientos entre los fragmentos «nombre no quiero acordarme», «En un lugar de La Mancha», y «La Mancha, de cuyo nombre», nos permitiría reconstruir el principio del primer capítulo. Como el genoma está escrito con solo cuatro letras (los cuatro tipos de bases que componen el DNA), y existen zonas altamente repetitivas, su ensamblado es sumamente más complejo que en el ejemplo y de hecho el ensamblado genómico constituye un área de investigación intensa. Una estrategia fructífera para facilitar el ensamblado del genoma, a pesar de los límites de longitud existentes, es la secuenciación de ambos extremos de un fragmento. De esta manera, se obtienen dos lecturas que están asociadas (se obtuvieron de un mismo fragmento) y de las cuales conocemos aproximadamente la distancia que las separa. En el caso del genoma del lince ibérico se combinaron de esta manera lecturas de unos 100 nucleótidos pareadas usando dos longitudes de insertos: de corto alcance, con unos 500 nucleótidos de inserto, y de lar-

go alcance, con unos cuatro mil nucleótidos. Combinando un total de 3.000 millones de estas lecturas se ha conseguido un ensamblado provisional que proporciona una alta resolución: cada nucleótido se ha leído, como media, unas cien veces (100x). Sin embargo, el ensamblado es todavía muy fragmentado, como es típico de estas tecnologías de secuenciación, con la presencia de miles de fragmentos de tamaño variable (de 2.000 a 100.000 bases). La secuencia ensamblada suma un total de unos 2,7 millones de bases, muy próximo al tama-

ño de genoma estimado para el linco euroasiático, la especie más cercana (2,86 millones), y los resultados preliminares apuntan a que contiene la mayor parte de las regiones no repetitivas y la inmensa mayoría de los genes. Aún así, se está trabajando por incrementar la contigüidad del ensamblado mediante la combinación de dos estrategias adicionales. Una de ellas consiste en la secuenciación de regiones aleatorias del genoma que previamente se han clonado en un vector. Estas regiones clonadas de aproximadamente 40.000 pares de

bases se están utilizando de dos maneras complementarias. Por un lado, la secuenciación de sus extremos aporta secuencias apareadas como las descritas arriba, pero esta vez separadas por distancias sustancialmente mayores. Por otro, la secuenciación completa de unos pocos de estos clones cada vez permite la reconstrucción de grandes fragmentos de secuencia contigua de hasta cuarenta mil bases, sin las complicaciones que plantean la presencia de secuencias en otras regiones del genoma y de las dos versiones potencialmente distin-

tas de cada región (una heredada del padre y otra de la madre). Otra estrategia es la secuenciación aleatoria con otra tecnología de secuenciación, la pirosecuenciación, que permite obtener fragmentos de hasta cuatrocientos pares de bases. Finalmente, se está trabajando en hacer un ensamblado asistido, que utiliza el genoma del gato como guía.

Obtener un ensamblado del genoma no deja de ser un primer paso. Una vez se consigue un ensamblado de suficiente calidad, el siguiente paso consiste en «anotarlo». Se trata de delimitar qué regiones del genoma corresponden a genes u otros elementos funcionales, y asignarles, dentro de lo posible, una anotación funcional. Este es un proceso complejo en el que se utilizan las características intrínsecas asociadas a las secuencias funcionales (predicción *de novo*) y las similitudes con genes ya anotados en otros genomas (predicción por homología). Además, el proyecto del genoma del linco hace uso de la secuenciación masiva de transcritos, moléculas de RNA que se han copiado en la célula a partir de regiones funcionales del genoma. Este «transcriptoma» es de gran utilidad en la anotación del genoma, ya que permite delimitar con precisión los genes y



Figura 2. Secuenciadores *Illumina* en el CNAG. / Foto: CNAG

descubrir cómo sus diferentes elementos codificantes se combinan, aportando además información sobre qué genes se expresan en los distintos tejidos. Finalmente, se asignará una posible función a los genes predichos mediante su comparación con secuencias anotadas en otros organismos. En este punto, el mapa del genoma del lince será ya una herramienta muy útil para explorar las bases genéticas de cualquier variable fenotípica de la especie.

El genoma del lince ibérico y sus parientes félidos

El lince no va a ser el primer félido que entra en el club de organismos con genomas completamente secuenciados. De hecho, desde 2007, contamos con la secuencia de un gato doméstico (*Felis catus*): un ejemplar de raza Abisinia, llamado Cinammon. El proyecto, financiado por el Instituto Americano de Salud (NIH por sus siglas en inglés), se priorizó por la importancia del gato como animal doméstico pero también por su utilidad como modelo de patologías humanas, ya que los gatos pueden presentar enfermedades hereditarias relacionadas con las que afectan a los humanos. Asimismo, existen otros proyectos en curso que proponen la secuenciación de varios félidos. Hace un par de años, el Instituto de Ge-

En la actualidad contamos con unos 30 genomas de plantas y 60 de vertebrados

nómica de Beijing (BGI) anunció que, en colaboración con el zoológico de San Francisco y otras instituciones, se disponía a secuenciar varios félidos, entre otros el tigre (*Panthera tigris*), el león (*Panthera leo*) y el leopardo (*Panthera parda*). Esta iniciativa, llamada *Big Cat Genomics Initiative*, no solo pretende secuenciar ejemplares únicos de cada especie sino individuos representativos de subespecies, como el león asiático, e incluso individuos híbridos entre el león y el tigre. Sin duda, otras especies de félidos seguirán secuenciándose y es muy probable que en unos años dispongamos de genomas de referencia para cada una de las 37 especies vivientes de félidos (Figura 3). Como en el caso del genoma humano, la disponibilidad de un genoma de referencia facilita (y abarata) la secuenciación de individuos adicionales, que puede realizarse a un menor nivel de resolución ya que no necesitan ensamblar-

se, sino que se pueden comparar directamente con el genoma de referencia. De hecho el proyecto de secuenciación del lince ibérico no se limitará a producir un genoma de referencia para la especie a partir de un único individuo, sino que se dispone de diez genomas adicionales secuenciados a menor resolución (cuatro de la población de Doñana y seis de Sierra Morena). Estos especímenes fueron seleccionados usando marcadores genéticos para evitar incluir individuos muy emparentados entre sí, y se favoreció a individuos fundadores de la población cautiva, porque de estos se tiene más información y más garantías de que seguirán vivos más tiempo. Finalmente, se ha secuenciado, también a baja resolución, un ejemplar de lince euroasiático (*Lynx lynx*), lo que permitirá la comparación de estas dos especies hermanas.

La disponibilidad de secuencias de especies relacionadas y de individuos de la misma especie es de extrema utilidad en el análisis genómico, ya que permite trazar en gran detalle los cambios genómicos ocurridos en la historia reciente de una especie. Estos cambios pueden consistir en mutaciones puntuales en la secuencia, que alteran la identidad de un nucleótido y, en ocasiones, la secuencia proteínica que codifica. Pero también cambios a

mayor escala, como duplicaciones, translocaciones o pérdidas de regiones más o menos grandes del genoma. El proyecto de análisis del genoma del lince pretende estudiar todos estos eventos en el curso de la evolución del lince ibérico, con el objetivo de entender qué procesos evolutivos han modelado su genoma y obtener claves que puedan ser de utilidad en su conservación. Este análisis comparativo se hará a varios niveles: tanto dentro de la misma especie, estudiando la variación genómica a nivel de las distintas poblaciones, como entre diferentes especies de félidos y de otros mamíferos. A nivel poblacional se estudiarán qué zonas tienen la menor o mayor diversidad entre poblaciones, lo que aportará marcadores moleculares que se podrán usar para optimizar los cruces en la población cautiva o las sueltas de ejemplares en distintas áreas, en aras de potenciar la conservación de la diversidad genética de la especie y de minimizar los problemas de consanguinidad. Con respecto a la variación entre especies, se pretende estudiar qué cambios a nivel de mutaciones o de número de copias han ocurrido recientemente en la evolución del lince, lo que ayudará a entender la adaptación de esta especie a las particularidades de su entorno. Por ejemplo, la detección de proteínas cu-

ya secuencia ha variado más o menos de lo esperado podría evidenciar la existencia de distintas formas de presión selectiva. Asimismo, esperamos obtener información sobre posibles epidemias pasadas y sobre las bases moleculares de trastornos hereditarios que afectan a las poblaciones

de lince. Finalmente, en un nivel más amplio, se realizará un análisis filogenómico con félidos y otros mamíferos secuenciados, consistente en la reconstrucción de las historias evolutivas de cada uno de los genes codificados en el genoma del lince. Este análisis, nunca antes empleado en el geno-

ma de un mamífero, permite resolver con gran exactitud las correspondencias entre los genes emparentados de diferentes organismos (quién es quién en cada genoma), y trazar la historia de duplicaciones, pérdidas y cambios en la velocidad evolutiva acaecidos en cada familia de genes, a lo largo

de cada linaje. Es de esperar que la caracterización del genoma del lince ibérico, nos permita aprender más de su biología, conocer mejor su historia evolutiva y, en última instancia, contribuya al objetivo último de la recuperación de la especie. Página web del proyecto: <http://lynxgenomics.eu/>. ■

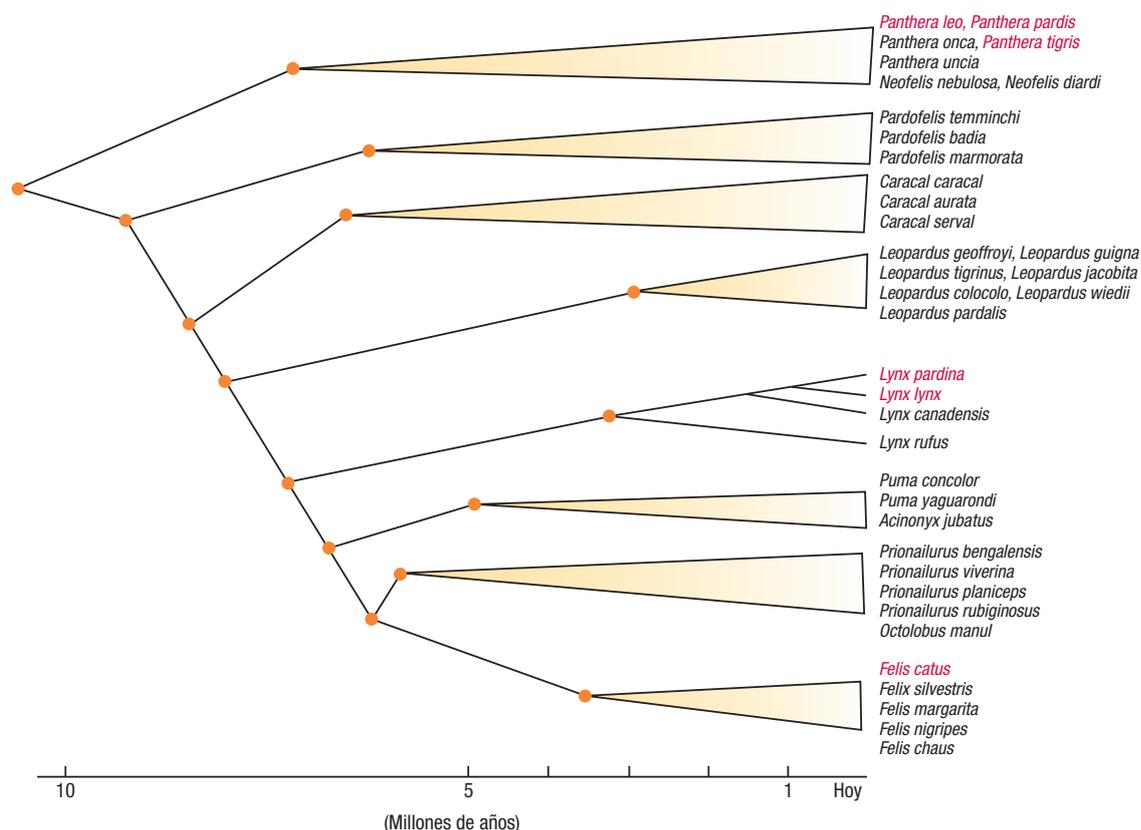


Figura 3. Relaciones evolutivas y tiempos de divergencia entre los distintos grupos de félidos. A la derecha una fotografía ilustrativa de cada uno de los grupos. Las especies secuenciadas o en vías de secuenciación se han resaltado en rojo. / Figura realizada por el autor con datos obtenidos de: Eizirik E, Pecon-Slattey J, et al. (2006) Science 311:73-77, las fotografías fueron tomadas de Wikipedia.

WWW.FOTCIENCIA.ES

FOTCIENCIA10

DÉCIMA EDICIÓN DEL CERTAMEN NACIONAL DE FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA



RETRATA LA CIENCIA Y ENVÍANOS TU IMAGEN

FOTCIENCIA es un certamen de fotografía científica para acercar la ciencia y la tecnología a los ciudadanos a través de imágenes científicas.

PLAZO DE PRESENTACIÓN

Del 13 de septiembre
al 31 de octubre de 2012

BASES Y PARTICIPACIÓN

www.fotciencia.es

VOTACIÓN POPULAR

Del 5 al 18 de noviembre de 2012
en www.fotciencia.es

+ DE 7000 EUROS EN PREMIOS

CATEGORÍAS

- Microfotografía
- Fotografía General
- PREMIO ESPECIAL Año Internacional de la cooperación para el Agua
- La ciencia en el aula (dirigido a centros de enseñanza)

Nuevos nacimientos dan esperanza a las plantas españolas más amenazadas

Los autores exponen en este artículo los resultados de germinación de los cinco géneros de plantas con flores en peligro de extinción, *Avellara*, *Castrilanthemum*, *Gyrocarium*, *Naufraga* y *Pseudomisopates*, mostrando la clara necesidad de conocer el ciclo biológico de cada planta con problemas de supervivencia.

Pedro Jiménez-Mejías, Elena Amat, Inés Álvarez y Pablo Vargas

Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC)

El proyecto cero de la FGCSIC que desarrollamos en el Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC) ha seleccionado cinco plantas emblemáticas de la conservación vegetal en España. Po-

dríamos llamarlas los «linceos botánicos» que, paradójicamente, se han investigado poco. Se trata de cinco especies que son a su vez los únicos representantes de sus respectivos géneros y, todos ellos,

endémicos de la Península Ibérica e Islas Baleares: *Avellara fistulosa* de Doñana y algunas localidades de Portugal; *Castrilanthemum debeauxii* de las sierras de Castril y Guillimona; *Gyrocarium oppositifolium* encontrada en una localida-

dad de Sevilla, Madrid y León; *Naufraga balearica* endémica de la Sierra de Tramontana de Mallorca; y *Pseudomisopates rivas-martinezii* de la abulense Sierra de Gredos. Un valor



Elena Amat, Pedro Jiménez-Mejías, Inés Álvarez y Pablo Vargas.

Elena Amat

Becaria predoctoral del Real Jardín Botánico de Madrid, donde colabora en el proyecto de la FGCSIC sobre fósiles vivientes de la flora ibérica. Ha realizado su tesis doctoral en este mismo centro, bajo la dirección del Dr. Pablo Vargas Gómez, sobre biología de la conservación de dos endemismos ibéricos de montaña: *Pseudomisopates rivas-martinezii* y *Erysimum penyalarense*.

Pedro Jiménez-Mejías

Investigador en el Real Jardín Botánico de Madrid, donde trabaja desde el presente año en el proyecto de la FGCSIC sobre los fósiles vivientes de la flora ibérica. Estudió la licenciatura en Ciencias Ambientales en la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, donde también realizó su tesis en la bajo la dirección del profesor Modesto Luceño en taxonomía y sistemática de Ciperáceas. Ha realizado estancias de formación en Kew Gardens (Londres, Inglaterra), Oslo (Noruega) y Belgrado (Serbia).

Inés Álvarez

Científica titular y vicedirectora de investigación del Real Jardín Botánico-CSIC, donde trabaja dentro de la línea de Biología Evolutiva de Plantas: patrones, procesos y mecanismos. Actualmente lidera un proyecto sobre evolución del género *Anacyclus* (Compositae, Anthemideae) (CGL2010-XXX) y participa en el proyecto de la FGCSIC sobre fósiles vivientes. Su tesis doctoral sobre Sistemática y Filogenia del género *Doronicum* (Compositae, Senecioneae) se desarrolló en este mismo centro bajo la dirección del Dr. Gonzalo Nieto Feliner. Disfrutó dos años de una beca postdoctoral en el laboratorio del Dr. Jonathan Wendel (Iowa, EEUU.) investigando la evolución del genoma poliploide del algodón, y de un contrato Ramón y Cajal en el RJB hasta la situación actual.

Pablo Vargas

Investigador científico en el Real Jardín Botánico (CSIC), donde lleva investigando durante los últimos 25 años. Su interés último ha sido, y sigue siendo, el estudio de patrones y mecanismos macro y microevolutivos que expliquen la gran diversidad de angiospermas y su desaparición. Entre los diversos proyectos de investigación, destaca la investigación en plantas amenazadas durante el período 2001-2008 dentro del amplio equipo de investigadores del Atlas de la Flora Amenazada de España.

adicional de estas especies es su carácter de relictos de la flora ibérica. ¿Qué quiere decir esto? Un relictos debe ser una especie que tenga considerables aislamientos taxonómico, geográfico o ambos. Las cinco plantas cumplen este criterio de relictos pues son los únicos representantes de sus géneros y solo se encuentran 1-3 poblaciones de cada especie (Vargas 2010).

Además de su destacado valor biológico, el mero hecho de que las cinco sean plantas sometidas a un enorme riesgo de extinción conlleva a una prioridad en la conservación y gestión de sus poblaciones. De otro modo, podríamos perder esta importante parte de nuestro patrimonio natural por simple desidia. En el manejo de especies amenazadas se estudian los factores extrínsecos e intrínsecos responsables de su amenaza. El conocimiento del ciclo biológico es crítico para averiguar las posibles causas intrínsecas de la merma (o del estancamiento) de las poblaciones de cada especie. Así, es sabido que ciertos estadios de la vida de las plantas son más susceptibles que otros y, por tanto, más críticos para el adecuado crecimiento de las mismas. Entre los estadios más sensibles, encontramos fundamentalmente la germinación y la etapa juvenil (plántula). Con dicho objetivo,

pusimos en marcha una serie de experimentos de germinación que nos permitieran dilucidar si ya en la primera de las etapas de la vida de la planta, la rotura del «casarón» para salir de la semilla, estas se enfrentan con algún problema que estuviera limitando la prosperidad de estas especies. En nuestros experimentos todas las semillas fueron sometidas a un sencillo tratamiento de estratificación (c. 20 días a 4°C). Después las pusimos en el mismo tipo de tierra (50% arena y 50% mantillo) y llevamos a cabo un seguimiento semanal de las germinaciones durante al menos cinco semanas. Además, se mantuvo la vigilancia durante cuatro meses por si surgieran nuevas plántulas, las más retrasadas. A nuestros esfuerzos se suman las conclusiones obtenidas del estudio recientemente publicado sobre *Naufraga balearica* (Cursach & Rita 2012). Presentamos a continuación un resumen de los resultados más significativos.

Un éxito moderado en la hispano-lusa *Avellara fistulosa*

Se recolectaron un total de 233 semillas sanas de los dos núcleos poblacionales que se muestrearon en la única población española –en Portugal esta especie tiene un estado de amenaza menor–, en concreto en el Parque Nacional de Doñana. Los porcen-



Avellara fistulosa. / Foto: cedida por los autores.

La Castrilanthemum parece acusar problemas relacionados con las semillas. Un 54,6% de las semillas maduras presentaba depredación por parte de una larva minadora

tajes de germinación fueron medios, pero aún así prometedores, con más de un tercio de éxito (39%). La mayoría de las germinaciones se produjeron en las dos primeras semanas (21% en la primera y 17% en la segunda semana). En el seguimiento que hicimos a lo largo de tres meses no se registraron más germinaciones (a partir de la cuarta semana). Sin embargo, en un ensayo anterior, una plántula emergió dos meses después de realizar la siembra.

Llama la atención el bajo número de flores cuajadas que se

encontraron en cada capítulo, lo que puede indicar problemas en la polinización. De 17 capítulos de flores recontadas, seis de ellos presentaban menos de 10 frutos maduros, y sólo cinco superaron los 20, cuando el número de flores por capítulo ronda entre 15 y 20.

La amenaza de la depredación en frutos de *Castrilanthemum debeauxii*

Quizá este género sea el más prometedor en cuanto a porcentajes de germinación en la naturaleza. Se recolectaron semillas de dos poblacio-

nes diferentes en la Sierra de Guillimona, Granada, con 383 y 81 frutos (aquenios). La diferencia en el muestreo se debe al desigual número de individuos que crecen en cada población. Un valor del 67,5% de germinaciones indica elevado éxito reproductivo, si bien el reparto por población no fue similar (79% y 36,4%, respectivamente). Como era de esperar en una planta anual, que debe responder rápidamente a los ciclos estacionales de temperatura y lluvia en el riguroso clima mediterráneo, la mayoría de las germinaciones se observaron la pri-

mera semana (50,2%). En la segunda semana, germinaron un 10,8% de las semillas y, en la tercera, un 4,1%, para luego apenas registrarse germinaciones en la cuarta y quinta semana de seguimiento.

No obstante descubrimos una amenaza inesperada. *Castrilanthemum* parece acusar otro tipo de problemas relacionados con las semillas, que deben de marcar las diferencias de germinación entre las dos poblaciones en condiciones naturales. Un 54,6% de las semillas maduras presentaba depredación por parte de una



Naufraga balearica. / Foto: cedida por los autores.

larva minadora (probablemente de díptero). Ambas poblaciones acusaron diferentes niveles de depredación, con un 53% de semillas intactas en la más grande, y tan sólo un 27% en la más pequeña. Dado que

la efímera *Castrilanthemum* crece en las serranías béticas andaluzas junto con sus abundantes congéneres del género *Leucanthemopsis* y *Anthemis*, pudiera ser que estos últimos actuaran como un reservorio poblacional de este nocivo insecto. En próximos trabajos, evaluaremos si la presencia de estos congéneres contribuye a incrementar la depredación sobre el esquivo e irregular *Castrilanthemum*.

El desprotegido *Gyrocarium oppositifolium*

La situación de *Gyrocarium* en cuanto a su conservación es desafortunada. La localidad donde se encontró por primera vez (Sevilla) está dentro de un espacio protegido, pero no se ha vuelto a encontrar, y su hábito anual la hace aun más esquiva. Por el contrario, la planta no tiene ninguna medida de protección precisamente en las dos localidades donde se está observando una regular aparición en los últimos años (León y Madrid). Para nuestro estudio



Castrilanthemum debeauxii. / Foto: cedida por los autores.

de germinaciones solo hemos tenido la oportunidad de estudiar la población de Madrid, la más abundante de las dos existentes.

Los porcentajes de germinación fueron elevados. De las 52 semillas sembradas, el 48% germinaron transcurridas cuatro semanas. La mayoría de las germinaciones se produjeron en la segunda semana, momento en que el registramos el pico máximo de germinación (37%). Se sembraron además 15 semillas, aparentemente inmaduras, de las cuales tres (20%) fueron capaces de germinar durante la primera semana. Desgraciadamente las plántulas crecieron muy lentamente, una mayoría murió con solo dos cotiledones y 1-2 pares de hojas, y las más sanas no llegaron a florecer en condiciones de invernadero. Esperamos poder repetir el experimento con semillas de Madrid, y llevar a cabo mediciones del éxito de germinación por primera vez con semillas de la pequeña población de Ponferrada (León).

***Naufraga balearica* ya está encaminada para su correcto manejo**

El estudio de Joana Cursach y Juan Rita (Universitat de les Illes Balears) revela esperanzadores resultados para la *Naufraga balearica*. Ellos

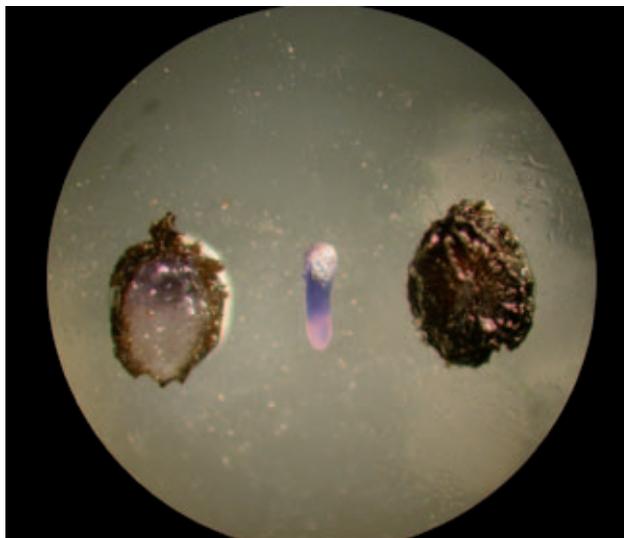
El Gyrocaryum no tiene ninguna medida de protección en las dos localidades donde se está observando una regular aparición en los últimos años (León y Madrid)

analizaron semillas tanto recolectadas en el campo como procedentes de poblaciones conservadas *ex situ*, además de aportar otros datos de suma utilidad para la futura conservación y gestión de este amenazadísimo endemismo balear. Con un éxito de germinación de entre el 40% y el 100%, los investigadores descubrieron que tratamientos con temperaturas moderadamente altas (25°C día y 15°C noche) favorecen el nacimiento de las plántulas frente a otras temperaturas más frescas. Aunque en el campo las semillas demoran la germinación hasta las primeras lluvias de otoño, las pruebas realizadas *ex situ* revelan que

Naufraga es capaz de germinar poco después de la maduración de los frutos, en pleno verano. Dada la similitud de los resultados obtenidos entre las poblaciones silvestres y cultivadas, los autores de este trabajo abogan por la producción controlada *ex situ* de plantas como apoyo a las poblaciones silvestres, actualmente en acusado declive.

El fuego como aliado de *Pseudomisopates rivas-martinezii*

Este endemismo de la Sierra de Gredos presenta muy baja viabilidad de semillas, en comparación con los resultados de los experimentos básicos realizados para los otros cuatro géneros. Se realizaron ensayos con semillas de las tres poblaciones más distantes entre sí. Las semillas están sometidas a una fuerte dormancia, tal que el éxito de germinación es de tan solo el 1% en semillas cuando no se tratan previamente con frío. Los resultados de las germinaciones, una vez las semillas se sometieron a estratificación (frío), mostraron un éxito del 18,5%. Aun así seguía siendo un porcentaje bajo en relación con los otros cuatro géneros. Por ello se realizaron tratamientos adicionales: *shock* térmico frío (-70°C) y caliente (110°C), adición de cenizas, aporte de hormonas



Pseudomisopates rivas-martinezii. / Foto: cedida por los autores.

(giberelinas) y oscuridad. De todos estos tratamientos la adición de cenizas, que libera ácidos que favorecen la germinación, produjo un efecto muy positivo de manera que se alcanzó un 35,75%. Los demás tratamientos no produjeron un efecto significativo en relación con las semillas simplemente tratadas con frío. En definitiva, la aportación de frío y fuego parece dar las claves para obtener los mejores resultados de germinación de *Pseudomisopates*. En este sentido, decir que la Sierra de Gredos ha sido tradicionalmente sometida a fuegos intencionados como práctica ganadera, por lo que las comunidades de piornales tienen una naturaleza pirófila. Por tanto, el experimento de germinación llevado a cabo sobre esta especie coincide con las condiciones que se generan por la tradicional quema de los piornales. Además, los efectos del fuego son positivos ya que eliminan la masa vegetal que da sombra a las semillas durante su germinación. De hecho la tasa de germinación fue de tan solo un 0.055% cuando las semillas sometidas a frío fueron posteriormente mantenidas en oscuridad.

El caso de *Pseudomisopates* es parecido al de otra especie mundialmente conocida en el ámbito de la conservación como es la secuoya gigante

(*Sequoiadendron giganteum*), árbol colosal endémico de la Sierra Nevada de California (EEUU). Este árbol vive en clima mediterráneo —hay cinco regiones en el mundo con similar clima al de la cuenca del Mediterráneo—, donde los fuegos son frecuentes y las plantas se han adaptado a las consecuencias destructivas de los incendios. Precisamente se ha investigado durante décadas cuáles son los efectos del fuego en la regeneración de la secuoya gigante, especie que sirve como referente para cualquier estudio de plantas afectadas por el fuego. La acción del fuego es doble: directa e indirecta (ver la recopilación de datos de Stephen et al. 1999). De manera directa, las piñas se abren con las altas temperaturas. De un modo indirecto, el fuego elimina masas vegetales circundantes y permite una mayor iluminación del suelo del bosque. Precisamente este último efecto se ha encontrado en las poblaciones de *Pseudomisopates*.

También la diversidad genética puede estar influyendo en los diferentes resultados obtenidos para cada población. Las semillas procedentes de la población de la garganta Lóbrega resultaron ser en torno a un 26% más viables que las semillas de las otras dos poblaciones (Conventos y Serrota). La diferencia más signifi-



Gyrocarium oppositifolium. / Foto: cedida por los autores.

cativa entre estas poblaciones es que en la garganta Lóbrega se encuentra la población más grande y vigorosa de la especie. Esto, junto al carácter autoincompatible de la especie, que implica la necesidad de un mayor número de cruzamientos entre individuos genéticamente diferentes, podría limitar la reproducción en poblaciones pequeñas. Por tanto, *Pseudomisopates* podría estar sufriendo demasiados condicionantes para contar con un banco de semillas sano. En definitiva, nos encontramos ante una especie amenazada que paradójicamente necesita la perturbación del fuego para perpetuarse de forma saludable. En consecuencia, su conservación

bien podría estar vinculada al mantenimiento de prácticas ganaderas tradicionales que contemplan la utilización del fuego. Investigaciones futuras deberían centrarse en estudiar el efecto del fuego mediante experimentos en la naturaleza.

Los resultados de germinación de los cinco géneros en peligro de extinción dan una muestra clara de la necesidad de conocer el ciclo biológico de cada planta con problemas de supervivencia. De otro modo perderíamos gran parte de nuestro patrimonio natural sin conocer ni tan siquiera cómo nacen, cómo se reproducen y cómo mueren géneros que llevan millones de años en la Península Ibérica y Baleares. ■

Lucha sin cuartel contra la quitridiomycosis: la gran amenaza de los anfibios

El hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* se ha convertido en la causa de desaparición de los anfibios. Los autores del artículo están estudiando la enfermedad a nivel epidemiológico, con la intención de crear modelos que en el futuro sean capaces de predecir la evolución y la distribución de la misma.

Andrés Fernández Loras, Jaime Bosch Pérez (1)

Matthew Fisher (2)

Trenton WJ Garner (3)

(1) Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

(2) Imperial College London

(3) Institute of Zoology, Zoological Society of London

Los anfibios de todo el mundo se encuentran en una situación desesperada. Estos animales, que han habitado el planeta desde hace millones de años y convivieron con los dinosaurios, se enfrentan ahora a una amenaza en forma de enfermedad infecciosa que los está esquilmando a una velocidad

asombrosa. Más de un tercio de las casi 7.000 especies de anfibios conocidas del planeta están amenazadas con su desaparición. Por si esto fuera poco, más de 250 especies se consideran ya completamente extinguidas en la naturaleza. Estas cifras son significativamente elevadas y extremadamente preocupan-

tes, y es que dentro del reino animal y los vertebrados, ninguna otra Clase afronta un declive semejante al que se enfrenta la Clase Amphibia. Todo esto ha hecho que científicos de todo el mundo se pongan manos a la obra, e intenten determinar las causas de los numerosos episodios de mortandades en masa que se

han sucedido durante los últimos años en los cinco continentes. Y, al mismo tiempo, se están intentando encontrar soluciones a este gravísimo problema, cuya trascendencia afecta a toda la biodiversidad del planeta.

A pesar del corto periodo de tiempo que ha pasado desde



Ejemplar de sapo partero mallorquín muerto por quitridiomycosis en un torrente de Mallorca. / Foto J. Bosch.

el descubrimiento de la nueva enfermedad que está matando a los anfibios, los ya abundantes estudios que se han llevado a cabo han conseguido dar algunos frutos. El causante de estas amargas desapariciones, que no es otro que un hongo perteneciente a la división Chytridiomycota, se ha denominado científicamente *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd). El problema es tan grave, y tiene repercusiones tan serias, que la Organización Mundial para la Sanidad Animal (la antigua Oficina Internacional de Epizootias, OIE) ha incluido la enfermedad que produce es-

te hongo en los anfibios, denominada quitridiomycosis, en su lista de enfermedades de declaración obligatoria, convirtiéndose así en la primera enfermedad en ser introducida en esta lista por la gran amenaza que representa para la biodiversidad del planeta.

Además de la etiología de la enfermedad, se siguen descubriendo distintos aspectos de la misma. Los equipos de investigación de todo el mundo trabajan a contrarreloj y, por ejemplo, se ha conseguido descifrar la manera en la que este patógeno acaba con

la vida de las especies de anfibios susceptibles. El hongo invade un órgano tan sensible e importante en estos animales como es su piel, alterando el equilibrio iónico y desencadenando un paro cardíaco. Gracias a todas estas investigaciones también conocemos mucho sobre la distribución de este hongo quitridio, así como sobre los factores que favorecen su crecimiento y su incidencia. A la par, se ha secuenciado el genoma del hongo, y ya se han descubierto tres distintos linajes, diferentes genéticamente, y que presentan distintos grados de virulencia.

España es uno de los países que más está contribuyendo al conocimiento de esta enfermedad y del patógeno que la produce, y participa activamente en diversos proyectos de investigación con instituciones de todo el mundo. Uno de esos proyectos es el llamado «Proyecto Cero», financiado y respaldado por la Fundación General CSIC, en el que participan instituciones de gran prestigio, como el Imperial College de Londres, la Sociedad Zoológica de Londres (ZSL) y el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC). Como parte de este Proyecto Cero, se está estudiando la enfermedad a nivel epidemiológico, con la intención de crear modelos que en el futuro sean capaces de predecir la evolución y la distribución de la misma, y conocer qué especies de anfibios pueden verse afectadas en mayor medida. Así, si conocemos que especies pueden presentar mayor riesgo, podremos dedicar los escasos y limitados recursos disponibles en tratar de conservarlas.

Como apoyo a todos estos estudios, que intentan ampliar nuestro conocimiento acerca de la enfermedad, durante estos años se han puesto en marcha en todo el mundo programas de conservación y cría en cautividad de las poblaciones o especies más amenazadas. Sin embargo, dada la ra-



Andrés Fernández Loras.

Andrés Fernández Loras

Veterinario contratado en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, dónde trabaja en el Proyecto Cero sobre mitigación de la quitridiomycosis. Anteriormente ha trabajado en enfermedades infecciosas en murciélagos africanos, y en labores de mitigación de la quitridiomycosis en la isla caribeña de Montserrat, recibiendo formación sobre el tema en la Sociedad Zoológica de Londres y el Zoo de Jersey. Actualmente realiza su tesis doctoral sobre respuesta inmune y mitigación de quitridiomycosis.



Jaime Bosch Pérez.

Jaime Bosch Pérez

Científico titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y vicepresidente de la Asociación Herpetológica Española (AHE). Autor de más de 90 publicaciones científicas, empezó su carrera con el estudio de los procesos de selección sexual y comunicación acústica de anfibios, desde hace años se dedica al estudio de las enfermedades emergentes propias de los anfibios. Investigador responsable de distintos proyectos de investigación en varias zonas del mundo sobre conservación y programas de seguimiento de poblaciones de anfibios. Desde hace más de 10 años es el encargado del Programa de Seguimiento de los Anfibios del parque Natural de Peñalara, donde dirige el Centro de Cría de Anfibios Amenazados de la Sierra de Guadarrama.

pidez con la que el hongo se ha distribuido por todo el mundo, y la cantidad de especies que están en peligro de extinción, el tiempo corre en contra de los anfibios. Recientemente, la comunidad científica se ha dado cuenta de la necesidad de enfocar este gran problema con una nueva perspectiva, tratando de combinar los programas de cría en cautividad, con la implementación de distintas estrategias de mitigación de la enfermedad en la naturaleza. Así, el objetivo de este nuevo planteamiento sería comenzar ya a combatir

los efectos de la enfermedad directamente en poblaciones de anfibios en libertad, aunque aún no seamos capaces de erradicar el patógeno del medio. El Proyecto Cero que lucha con la quitridiomycosis ha dado un paso al frente, en este sentido, y se ha convertido en un proyecto pionero a nivel mundial, intentando paliar los devastadores efectos que la enfermedad tiene en los anfibios en su medio natural.

De este modo, el Proyecto Cero desarrolla su vertiente de mitigación experimental

en distintos puntos del territorio español, concentrando sus esfuerzos en las especies europeas más susceptibles a la enfermedad: los sapos parteros del género *Alytes*. Una de estas especies, el sapo partero común, *Alytes obstetricans*, fue precisamente el triste protagonista del primer brote de quitridiomycosis descubierto en Europa, en el Parque Natural de Peñalara en Madrid. Para intentar alcanzar el objetivo de la mitigación de la enfermedad, hemos comenzado a combinar el tratamiento de los animales con

fungicidas (mientras están en su etapa larvaria), con la aplicación de diversas actuaciones sobre el medio que ocupan estos (el medio acuático). Para estas actuaciones, se han seleccionado distintas localizaciones de la geografía española, situadas en diferentes áreas de Mallorca, Zamora, Málaga y Teruel, con el objetivo de intentar erradicar el hongo de las mismas o, por lo menos, disminuir de forma significativa la carga del hongo para que las poblaciones infectadas no lleguen a desaparecer. En Mallorca, por ejemplo, ya hace dos años se realizó, el que fue a nivel mundial, uno de los primeros tratamientos de la enfermedad directamente en la naturaleza. Se recogieron y trataron contra la enfermedad todas las larvas de sapo partero mallorquín, *Alytes muletensis*, de una localidad entera, siendo devueltas a su charca de origen tras haber secado esta. Se comprobó entonces que, aún sin haber llegado a desaparecer, la carga del hongo quitridio de la población había descendido notablemente. En Málaga, otra de las áreas de trabajo del proyecto, y en estrecha colaboración con David García del Zoo de Fuengirola, estamos investigando distintas concentraciones de fungicida para tratar larvas de sapo partero bético, *Alytes dickhilleni*,

y también estamos evaluando el aumento de la temperatura del agua como método alternativo para eliminar el patógeno. El aumento de la temperatura consigue mejorar la respuesta inmune de estos animales de sangre fría (poiquilotermos) y, al mismo tiempo, representa un ambiente poco propicio para el hongo, que muere a temperaturas elevadas. En Teruel, sin embargo, en colaboración con el Servicio Provincial de Teruel de Medioambiente del Gobierno de Aragón, estamos utilizando sobre el terreno estrategias de mitigación más arriesgadas, como el secado temporal de los puntos de agua que albergan poblaciones infectadas. Afortunadamente, el hongo patógeno no posee ninguna forma de resistencia a la ausencia de agua, por lo que no puede sobrevivir en un medio completamente seco. Sin embargo, incluso en medios sin presencia de masas de agua, los anfibios adultos pueden sobrevivir enterrados en contacto con la escasa humedad ambiental y, con ellos, también los hongos patógenos que hayan conseguido colonizar su piel. Por ello, en algunas localizaciones, además del tratamiento de las larvas infectadas que se encuentran en el agua, también estamos precediendo al vallado de las masas de agua para evitar que

los ejemplares adultos entren en contacto con dicho elemento.

El Proyecto Cero sobre mitigación de la quitridiomycosis se encuentra actualmente en pleno desarrollo. Complementando la aplicación de estas estrategias de mitigación, también se realizan investigaciones sobre los distintos componentes proteicos que poseen los anfibios en su piel, y que les ayudan a mantener a raya a los patógenos indeseables. Así, también hemos comenzado estudios que tratarán de caracterizar la respuesta inmune de los anfibios frente a la enfermedad, buscando conseguir algún tipo de resistencia contra la misma. Además, estamos ensayando posibles procesos de inmunización, exponiendo experimentalmente a los animales a cepas del hongo que presentan una virulencia reducida. De esta forma, cuando los animales son posteriormente expuestos a cepas más virulentas del hongo, desarrollan infecciones mucho más leves, evidenciando el desarrollo de una respuesta inmune adquirida. Por desgracia, nuestras investigaciones también han demostrado la capacidad de recombinación genética que posee el hongo quitridio de los anfibios, por lo que este tipo de estrategias de mitiga-



Matthew Fisher.



Trenton WJ Garner.

Matthew Fisher

Investigador en Imperial College de Londres, es un experto en enfermedades infecciosas provocada por hongos, no solo a la fauna salvaje, sino también en especies de plantas y en el ser humano. Está interesado en los factores ambientales que desencadenan las enfermedades fúngicas, y en el papel del ser humano como dispersor de las mismas y perturbador de los sistemas naturales. Actualmente dirige el proyecto europeo más ambicioso sobre quitridiomycosis, y trabaja con el Dr. Jaime Bosch desde el descubrimiento de la enfermedad en España en 1999.

Trenton WJ Garner

Investigador del Instituto de Zoología de la Sociedad Zoológica de Londres, realizó su tesis doctoral en distintos aspectos sobre selección sexual y genética de poblaciones de anfibios y reptiles. Desde hace años su labor investigadora se centra en evaluar, experimentalmente, los costes del parasitismo en los hospedadores, fundamentalmente en el caso de la quitridiomycosis y enfermedades de origen vírico en anfibios. Colaborador con investigadores de todo el mundo, participa en proyectos de investigación en multitud de países, siendo uno de los herpetólogos más activos de Europa.

ción de la enfermedad deben de manejarse con sumo cuidado.

Son muchos los esfuerzos que se están haciendo por parte de un gran número de investigadores en muchas partes del mundo. De la cola-

boración y el trabajo conjunto entre todos ellos, dependerá el éxito de esta difícil empresa. Esperemos que el resultado final sea alentador y consigamos salvaguardar la existencia de estos antiguos, aunque todavía desconocidos, animales en el planeta. ■



**Algunos
medicamentos
no deberían
mantenerse fuera
del alcance de
los niños**

**ALIANZA EMPRESARIAL
PARA LA VACUNACIÓN INFANTIL**

Cada año, cerca de 8 millones de niños de África, Asia y América Latina mueren antes de cumplir los cinco años a causa de enfermedades comunes que podrían prevenirse con las vacunas existentes.

Por ello, "la Caixa" ha creado, junto con GAVI Alliance, la **ALIANZA EMPRESARIAL PARA LA VACUNACIÓN INFANTIL**. Una iniciativa que ofrece a las empresas españolas la oportunidad de colaborar en la lucha contra la mortalidad infantil, como parte de sus programas de responsabilidad social corporativa.

[Tú] eres la Estrella



Obra Social "la Caixa"

El alma de "la Caixa"

Aves amenazadas y agricultura: nuevas aproximaciones en las estrategias de conservación

Según los autores, el desarrollo sostenible de la agricultura y la conservación de la avifauna asociada puede requerir de nuevas aproximaciones que intenten armonizar los intereses socioeconómicos y la conservación de la naturaleza de un determinado hábitat, de manera que las acciones de conservación queden integradas en las propias prácticas agronómicas.

Laura Cardador (1), Gerard Bota (1), David Giralt (1)
 Fabián Casas (2, 3), Beatriz Arroyo (3)
 Carlos Cantero (4)
 François Mougeot (2), Lourdes Viladomiu (5)
 Judit Moncunill (4), Lluís Brotons (4, 6)

(1) Centro Tecnológico Forestal de Cataluña (CTFC)

(2) Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC)

(3) Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (CSIC)

(4) Universidad de Lleida (UDL)

(5) Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)

(6) Instituto Catalán de Ornitología (ICO)

Agricultura y biodiversidad

Los sistemas agrícolas tradicionales poseen un alto valor biológico en muchas regiones del mundo. Como resultado de miles de años de expan-

sión agrícola, la preservación de un gran número de especies depende, hoy en día, de tierras dedicadas a la producción de alimentos. Esto es especialmente relevante en al-

gunas regiones, como en Europa, donde los sistemas agrícolas ocupan la mayor parte de su superficie. Estos sistemas, fruto de la acción del hombre y basados en la gana-

dería extensiva y la agricultura tradicional, han sido, históricamente, paisajes altamente heterogéneos y poco intensificados capaces de albergar un gran número de especies.



La intensificación agrícola ha producido una pérdida de calidad de hábitat para muchos grupos bióticos. / Foto: Carlos Cortés.

Sin embargo, durante las últimas décadas, los cambios socioeconómicos y el desarrollo tecnológico de la agricultura han ejercido una fuerte presión sobre estos sistemas, generando una grave amenaza para las especies que los ocupan debido, principalmente, a un proceso dual a gran escala de intensificación y abandono.

Por un lado, las zonas con mayor potencial agrícola de muchos países industrializados se han visto profundamente alteradas a través de

cambios en los sistemas de producción. Por ejemplo, mediante la creciente mecanización de las operaciones agrarias, el incremento en el uso de pesticidas y fertilizantes, el aumento del tamaño medio de las parcelas explotadas o el aumento de los monocultivos a nivel de paisaje o explotación agraria. Este conjunto de cambios, conocidos como intensificación agrícola y dirigidos a obtener una cantidad adicional de productos agrícolas en la misma superficie cultivada, ha producido, colateralmente,

una pérdida de calidad de hábitat para muchos grupos bióticos (vertebrados, flora, artrópodos, etc.) y es considerado, hoy en día, como uno de los principales responsables de la pérdida de biodiversidad en muchos países industrializados. Paralelamente a la intensificación agrícola, las zonas con menor potencial agrícola de muchos países han sufrido un proceso de abandono de las actividades agropecuarias íntimamente ligado a un proceso de éxodo demográfico de las zonas rurales a las urba-

nas. Este abandono ha comportado una paulatina transformación a hábitats forestales de las antiguas zonas agrícolas, dando lugar a una pérdida neta de cantidad (superficie) de este tipo de hábitat. A menos que los impactos negativos de estos dos procesos puedan ser gestionados a tiempo, los sistemas agrícolas de muchas regiones del planeta se verán reducidos o sufrirán una mayor degradación, lo que conllevará a un incremento en el número de especies amenazadas.

En Europa, uno de los grupos taxonómicos para el cuál se ha podido demostrar más a menudo el impacto y los efectos de los cambios en los ambientes agrícolas durante las últimas décadas ha sido el de las aves. Muchas especies han visto reducidos o alterados los hábitats que necesitaban para criar y alimentarse en estos ambientes, y han sufrido importantes disminuciones en sus poblaciones y áreas de distribución. Estas disminuciones han sido rápidas, masivas y a menudo generalizadas, con poblaciones que han visto reducidos en más de un 80% sus efectivos y distribución en menos de 20 años. En la actualidad, el 80% de especies que dependen de estos ambientes en Europa presentan un estado de conservación desfavorable. La capacidad de

frenar y revertir los efectos de los cambios agrícolas pasados, presentes y futuros en la biodiversidad de los sistemas agrícolas dependerá, en gran medida, de las políticas que la Unión Europea (UE) y los estados apliquen en materia agropecuaria, de la demanda de los mercados y de la importancia que la sociedad quiera dar al mantenimiento de los valores naturales en estos sistemas tan humanizados.

Estrategias de conservación en medios altamente humanizados

Hasta el momento, la mayor parte de mecanismos políticos y legislativos disponibles para conservar las aves de ambientes agrícolas extensivos en Europa se han basado, principalmente, en la designación de espacios agrícolas en la red NATURA 2000 y en medidas compensatorias de carácter

medioambiental. Bajo estas medidas, se intenta preservar las prácticas tradicionales y los hábitats más naturales y poco productivos en términos comerciales, pero ambientalmente beneficiosos, a través de compensaciones económicas a los agricultores. En concreto se ha reforzado el peso específico de los programas de medidas agroambientales a través de la incorporación paulatina del desacoplamiento y condicionalidad en las subvenciones a los agricultores incluidas en la estrategia de la Política Agraria Común (PAC) de la UE, a partir de su reforma en el año 2003. De esta manera, se cambia la forma en que la Europa apoya al sector agrícola. Los agricultores dejan de obtener ayudas simplemente por producir alimentos, se eliminan las ayudas directas y proporcionales a la producción, desincentivando así

la intensificación agrícola, y se establece el régimen de pago único sujeto al cumplimiento de requisitos legales y de gestión, relativos a la protección del medio ambiente, salud pública, bienestar animal y buenas condiciones agrarias y medioambientales.

Aunque esta estrategia conjunta se ha presentado, en muchas ocasiones, como la más adecuada para la conservación de la biodiversidad en los sistemas agrícolas, los resultados parecen indicar que no ha sido suficiente, en términos generales, para revertir ni recuperar las tendencias negativas observadas durante las últimas décadas en muchos grupos bióticos. Esto hace necesario reflexionar sobre la eficacia de las medidas tradicionales de conservación de la biodiversidad y su sostenibilidad socioeconómica. Inten-

tar preservar los usos y prácticas del pasado, solo a base de incentivos económicos, no parece tener una capacidad inherente para el mantenimiento y viabilidad del sistema a largo plazo, sobre todo teniendo en cuenta las presiones socioeconómicas actuales y las nuevas oportunidades tecnológicas que están surgiendo. Los incentivos económicos vinculados a la conservación pueden producir que estos sistemas de producción, ambientalmente interesantes, sean atractivos solo gracias a la persistencia de las ayudas, con la consecuencia lógica de que si estos pagos externos desaparecen, lo harán también las prácticas agrícolas que sean mantenidas artificialmente a través de ellos.

El desarrollo sostenible de la agricultura y la conservación de la avifauna asociada puede



Lluís Brotons, investigador principal.

Investigadores del proyecto *Steppeahead*

Los integrantes del proyecto *Steppeahead* y autores del presente trabajo son un equipo pluridisciplinar con experiencia en el ámbito ecológico, agronómico y socioeconómico de los sistemas agrícolas mediterráneos. Lluís Brotons, Gerard Bota, Laura Cardador y David Giralt son expertos en biología de la conservación de aves de medios agrícolas y desarrollan su trabajo en el Área de Biodiversidad del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC). Beatriz Arroyo procede del Grupo de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre y Cinegética del Instituto de Investigación de Recursos Cinegéticos del CSIC. François Mougéot y Fabián Casas son miembros de la Estación Experimental de Zonas Áridas del CSIC. Carlos Cantero y Judit Moncuñill son miembros del Grupo de Agronomía Sostenible para Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas del Departamento de Producción Vegetal y Ciencias Forestales de la Universitat de Lleida, UDL. Lourdes Viladomiu pertenece al equipo de investigación sobre Desarrollo Rural del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona, UAB.

requerir, por lo tanto, de nuevas aproximaciones que intenten armonizar los intereses socioeconómicos y la conservación de la naturaleza en estos sistemas, de manera que las acciones de conservación queden integradas en las propias prácticas agronómicas. No debemos olvidar que los paisajes agrícolas dependen en mayor medida de la actividad humana que otros sistemas. Por lo tanto, las acciones de conservación deben ir dirigidas más que nunca a la preservación del sistema socioeconómico que sustenta el hábitat de las especies de interés y no tanto al mantenimiento forzado de medidas de conservación desligadas a menudo de la realidad del sistema agronómico en el que se pretenden implementar. En definitiva, la biología de conservación del futuro en estos sistemas debe integrar la realidad social y económica de estos entornos y de la actividad humana que se desarrolla para asegurar una persistencia durable en el tiempo, afrontando el reto de la dinámica intrínseca de los paisajes humanizados y abandonando, en parte, el conservadurismo derivado del paradigma tradicional de conservación, fundamentado en la existencia de sistemas naturales prístinos y estables.

Es el momento de reflexionar sobre si es posible, realista y

Se pretende recuperar la idea de los sistemas agrícolas como sistemas socioecológicos complejos

deseable intentar conservar la biodiversidad de estos ambientes centrándose solamente en el mantenimiento más o menos estricto de los usos y de las prácticas agronómicas tradicionales o si otras actividades diferentes también podrían conservar su biodiversidad. En este sentido, están empezando a proponerse nuevas estrategias para la conservación de estos sistemas, basadas en la transformación activa y adaptativa de los mismos. Bajo esta perspectiva, las estrategias de

conservación deberían ir encaminadas a animar y ayudar a los agricultores a encontrar nuevas actividades o maneras de obtener beneficios directos de la conservación de la naturaleza, facilitando un proceso activo de transformación social. Las nuevas actividades deberían mantener la estructura y funcionamiento de los sistemas agrícolas tradicionales, pero a la vez permitir el desarrollo socioeconómico de estos entornos. De esta manera, se pretende recuperar la idea de los sistemas agrícolas co-



Es necesario reflexionar sobre la eficacia de las medidas tradicionales de conservación de la biodiversidad y su sostenibilidad socioeconómica. / Foto: Carlos Cortés.

yecto multidisciplinar, en el que participan biólogos (Centro Tecnológico Forestal de Cataluña y el Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos-CSIC), agrónomos (Universidad de Lleida) y economistas (Universidad Autónoma de Barcelona), y está encaminado a desarrollar nuevos enfoques que permitan mejorar la conservación de especies de aves amenazadas en ambientes agrícolas altamente humanizados.

En el marco de este proyecto, se pretende desarrollar una metodología de trabajo que permita evaluar diferentes escenarios agronómicos, posibles en relación a las características ambientales y socioeconómicas de una determinada región, en base a su capacidad de albergar poblaciones viables de especies amenazadas. Esta metodología pretende trasladar las prácticas agronómicas al punto de partida de los estudios de conservación, desarrollando índices que, basándose en los cambios paisajísticos que estas prácticas inducen, permitan evaluar hasta qué punto estas prácticas serán aptas o no para la conservación de una determinada especie. El desarrollo de estos índices se nutre, en parte, del trabajo de Butler, Vickery y Norris (2007), asumiendo que los requerimientos ecológicos de las especies pueden resumirse en



Las nuevas actividades deberían mantener la estructura y funcionamiento de los sistemas agrícolas tradicionales.
/ Foto: Judit Moncunill.

base a tres componentes: los recursos alimentarios, el hábitat de nidificación y el hábitat de alimentación. Así, un determinado sistema agrícola podrá ser apto para una especie solo cuando dé lugar a paisajes que puedan satisfacer estos tres componentes. De esta manera, estos índices pretenden establecer un vínculo en el lenguaje de conservacionistas y agricultores, facilitando la integración explícita de las prácticas agronómicas en las estrategias de conservación.

A menudo, los estudios de conservación tradicionales se han basado en una visión tipológica y estática del hábitat, en que las unidades del paisaje se definen según la percepción humana (por ejemplo, tipos de vegetación, usos del

Las zonas con mayor potencialidad agrícola se han visto profundamente alteradas a través de cambios en los sistemas de producción

suelo, etc.). Sin embargo, estas categorías de hábitat no tienen por qué coincidir con lo que perciben las especies, limitando la efectividad de las estrategias de conservación que puedan derivarse de ellas. En este sentido, la utilización de enfoques más mecanicistas o funcionales, basados en los requerimientos ecológicos de las especies, como los que se desarrollan en este proyecto, pueden ser más efectivos y permiten, además, tener en cuenta procesos difícilmente detectables a simple vista, pero con efectos importantes sobre las especies, como los resultantes de la aplicación de plaguicidas, laboreo del suelo o la aplicación de fertilizantes.

De la misma manera, esta visión funcional del hábi-

tat aumenta el número de alternativas posibles para la conservación de una especie, ya que permite tener en cuenta que diferentes unidades de paisaje, como se definirían bajo una percepción puramente humana, pueden ser percibidas por la especie como un mismo hábitat. Un ejemplo claro de este aspecto se refleja en el trabajo de Davison y Fitzpatrick (2010), centrado en la conservación de la urraca de Florida (*Aphelocoma coerulescens*), un ave amenazada, altamente especialista de zonas de matorral. Contrariamente, a la creencia de los conservacionistas, este trabajo mostró

Esta metodología pretende trasladar las prácticas agronómicas al punto de partida de los estudios de conservación

que los pastos regenerados eran percibidos por la especie como un hábitat de igual calidad que las zonas de vegetación natural (considerados como el único hábitat adecuado para la especie hasta aquel momento), poniendo de manifiesto que las definiciones de hábitat usadas, habían restringido las oportunidades de conservación de la especie.

La conservación de aves amenazadas en medios altamente humanizados no siempre se ha abordado desde un enfoque multidisciplinar y mecanicista que, integrando información referente a las prácticas

agronómicas que se aplican y los requerimientos ecológicos de las especies, permita determinar *a priori* la capacidad de un determinado escenario agronómico de albergar poblaciones viables de aves. Sin embargo, la creación de metodologías, que posibilite generar traductores entre la dinámica agronómica y ecológica de los sistemas agrícolas, es esencial para poder realizar análisis de las implicaciones de las actividades humanas sobre la biodiversidad de estos sistemas de una manera global e integrada. El objetivo del proyecto steppeahead es afrontar este reto. Si bien el proyecto no podrá resolver todos los problemas de conservación de las especies amenazadas que ocupan estos hábitats, sí pretende avanzar en el desarrollo de nuevos enfoques que, dirigidos a obtener una mayor efectividad en las acciones de conservación planteadas, posibilite establecer vínculos entre las realidades agronómicas y de conservación de estos sistemas, facilitando la toma de decisiones, en un mundo que cambia muy rápido. La biología de la conservación a menudo se plantea como la biología de las especies amenazadas. Sin embargo, para el proyecto steppeahead la biología de la conservación es el reto de integrar la biología de las especies amenazadas en la realidad que las envuelve. ■



La visión funcional del hábitat aumenta el número de alternativas posibles para la conservación de una especie. / Foto: Carlos Cortés.

Avances científicos en la conservación de *Patella ferruginea*

Se cumple ahora el ecuador del periodo establecido para el desarrollo de los primeros Proyectos Cero sobre Especies Amenazadas de la FGCSIC. Es el momento, por tanto, de comentar los avances alcanzados en este tiempo relativos a esta especie y los trabajos que vienen desarrollándose de manera coordinada y paralela por todos los equipos e instituciones implicados.

Javier Guallart, José Templado, Marta Calvo, Iván Acevedo, Eusebio Bonilla y Annie Machordom (1), Juan B. Peña (2), Josu Pérez (3), Ángel Luque (4) y Paola Martín (5)

(1) Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

(2) Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS-CSIC)

(3) Instituto de investigación de la Generalitat de Catalunya, adscrito al Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural (IRTA)

(4) Universidad Autónoma de Madrid (UAM)

(5) Periodista

Nuestro proyecto se centra en el estudio y establecimiento de las bases para la recuperación de la lapa *Patella ferruginea*, una de las escasas especies marinas considerada en peligro de extinción en el Mediterrá-

neo, cuya distribución está fundamentalmente restringida a puntos muy concretos de los litorales andaluz y norteafricano, así como a ciertos enclaves de Córcega y Cerdeña. Se cumple ahora el ecuador del periodo establecido

para el desarrollo de los primeros Proyectos Cero sobre Especies Amenazadas de la Fundación General del CSIC. Es el momento, por tanto, de comentar los avances alcanzados en este tiempo relativos a esta especie y los trabajos

que vienen desarrollándose de manera coordinada y paralela por todos los equipos e instituciones implicados: Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC), Universidad Autónoma de Madrid (UAM), Instituto de Acuicultura



Extracción de esperma para la fecundación controlada de *Patella ferruginea*. / Foto: Paola Martín.

de Torre de la Sal de Castellón (IATS-CSIC) e Institut de Recerca Agro-Alimentària de la Generalitat de Catalunya (IRTA) de Sant Carles de la Ràpita (Tarragona).

El objetivo general del proyecto es desarrollar metodologías de trabajo y una amplia base de conocimientos para intentar conseguir la recuperación de la especie. Entre los objetivos específicos más destacables está la obtención de ejemplares juveniles en suficiente número mediante técnicas de acuicultura (tanto a partir del reclutamiento en colectores artificiales co-

Se ha comprobado que el cambio de sexo a lo largo de la vida de la lapa puede suceder en ambos sentidos, tanto de macho a hembra como de hembra a macho

mo mediante reproducción controlada), con el fin de restaurar poblaciones afectadas por posibles catástrofes naturales o para repoblaciones en lugares donde la especie ha desaparecido en fechas recientes. Bajo esta perspectiva general, los trabajos se vienen realizando paralelamente en tres líneas principales que, aunque responden a enfoques aparentemente dispares (de hecho implican métodos muy diferentes) son complementarias y suponen distintas aproximaciones que convergen en el objetivo común antes señalado. Dichas líneas pretenden: 1) profundizar en el

conocimiento de aquellos aspectos básicos de la biología de la especie de particular relevancia para la gestión y conservación de sus poblaciones; 2) conocer su estructura genética y el alcance de su conectividad; y 3) llevar a cabo ensayos de producción de juveniles para su potencial traslado a otras zonas.

La investigación sobre técnicas de producción de juveniles responde a las recomendaciones de la «Estrategia de conservación de la lapa ferruginea (*Patella ferruginea*) en España», publicada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, para el traslado de ejemplares a aquellos lugares donde la especie se halla en alarmante regresión o para las repoblaciones en caso de catástrofes naturales (por ejemplo, una marea negra), dado que la mencionada estrategia desaconseja el traslado de adultos. Sin embargo, para repoblar o reintroducir juveniles es necesario conocer detalladamente la estructura genética de las distintas poblaciones naturales, para así poder tomar las decisiones adecuadas acerca de qué grupos de ejemplares y a qué lugares pueden ser trasladados, sin alterar el acervo genético de la especie. Por otro lado, resulta también fundamental adquirir el mayor conocimiento posible sobre la bio-

logía de esta lapa, no sólo para el desarrollo de técnicas básicas para el transporte, mantenimiento en condiciones controladas o la aclimatación de ejemplares, sino para todo lo relacionado con la gestión y manejo de la especie en el medio natural. En todas estas líneas de trabajo se han obtenido ya avances significativos y esperanzadores, que nos permiten augurar la satisfactoria consecución de los objetivos propuestos, a pesar de la dificultad que entrañan.

Paralelamente a estos aspectos científicos y técnicos, otro de los compromisos del proyecto es la difusión de los resultados. En este sentido, también se está desarrollando un notable esfuerzo en el

diseño de una página web y de diversos materiales audiovisuales sobre el progreso de la investigación, para dar a conocer los resultados parciales y la evolución del proyecto.

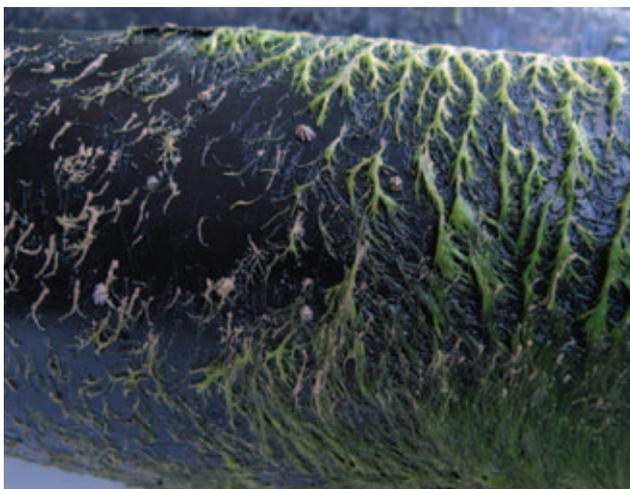
El «trabajo de campo» (en este caso, «de mar») se está llevando a cabo esencialmente en las islas Chafarinas, con el apoyo del personal y de la infraestructura que el Organismo Autónomo de Parques Nacionales tiene en este archipiélago. En las islas se desarrollan trabajos relativos al conocimiento de la biología de la lapa ferrugínea, centrados sobre todo en aspectos de su biología reproductora, pero también acerca de su dinámica poblacional, tasa de crecimiento, reclutamiento,

desplazamientos tróficos y características del hábitat óptimo para esta especie.

Uno de los aspectos que ha sido objeto de mayor atención en la costa es el modo de reproducción de la especie y, en concreto, la capacidad de esta lapa para cambiar de sexo entre ciclos reproductores sucesivos, así como los factores que influyen en estos procesos. *Patella ferruginea* se reproduce solo una vez al año. Entre agosto y septiembre comienza la maduración de las gónadas, que se completa durante el otoño, coincidiendo con el progresivo descenso de la temperatura del agua, y culmina a mediados de noviembre cuando, con la llegada de los primeros temporales importantes de este mes, se produce la freza (emisión sincrónica de gametos al medio tanto de los machos como de las hembras) de manera más o menos generalizada. Las larvas resultantes de la fecundación externa buscan un sustrato donde fijarse después de permanecer unos días en el plancton, para transformarse en diminutas lapas juveniles reptantes (reclutas) que pasarán a constituir las futuras generaciones de la especie.

Un hecho muy controvertido hasta la fecha ha sido el modo de reproducción de la especie. Se suponía que se trata de una

especie hermafrodita protándrica, es decir, los ejemplares jóvenes alcanzan la madurez sexual como machos y, posteriormente, a partir de una determinada talla o edad, cambian a hembras. Sin embargo, los trabajos desarrollados en las islas Chafarinas por parte de nuestro equipo han puesto de manifiesto que la estrategia reproductora de esta especie es mucho más compleja. Se ha comprobado que el cambio de sexo puede tener lugar a lo largo de la vida de los ejemplares en ambos sentidos, tanto de macho a hembra como de hembra a macho, lo que se correspondería con un modo de reproducción de hermafroditismo alternante. La manera en que tiene lugar este proceso y los factores que lo determinan todavía distan de estar claros, cuestión sobre la que se centra actualmente nuestra investigación. El análisis de estos aspectos en la práctica supone un esfuerzo de muestreo importante y el desarrollo de técnicas de trabajo incruentas que requieren planteamientos novedosos. Los protocolos de trabajo que estamos desarrollando para determinar el sexo de los ejemplares se realizan mediante biopsias que suponen escaso riesgo para la supervivencia de la lapa analizada. Por otra parte, el seguimiento del cambio de sexo entre ciclos anuales requiere además la identifica-



Juveniles (de 2-3 mm) obtenidos en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal de Castellón (IATS), resultado de un proceso de reproducción controlada. / Foto: Juan B. Peña.

ción de cada uno de los ejemplares objeto de estudio mediante técnicas específicas de marcado y, a la vez, realizando un archivo fotográfico detallado de cada ejemplar. Además, el marcado posibilita el estudio de la tasa de crecimiento de la especie. Nuestros trabajos sobre el terreno están aportando información muy novedosa sobre la estacionalidad de la tasa de crecimiento, sobre la existencia de periodos donde predomina la erosión de la concha sobre su crecimiento y, asimismo, sobre la elevada variabilidad existente en estos aspectos entre ejemplares.

Otro aspecto muy relevante es el estudio del reclutamiento de juveniles de *P. ferruginea* y, en particular, el análisis de la variabilidad entre años. Se entiende por reclutamiento la incorporación anual de nuevos individuos a las poblaciones, y depende en buena medida del éxito de la fase crítica que supone el paso de larva planctónica nadadora a juvenil reptante y de su supervivencia posterior. Los datos disponibles indican que en las islas Chafarinas se produce un reclutamiento significativo cada año, aunque irregular, y muy superior al señalado en otras zonas, siendo este uno de los parámetros indicativos del excelente estado de conservación de la población en estas islas. Cabe resaltar que en



Los integrantes del equipo de investigación, de izquierda a derecha, rodeando la mesa: Marta Calvo, Juan B. Peña, Ángel Luque, Eusebio Bonilla, Paola Martín, Josu Pérez, Javier Guallart, José Templado, Iván Acevedo y Annie Machordom. / Foto: Servicio de Fotografía MNCN-CSIC.

2011 el reclutamiento ha sido excepcional, posiblemente el mayor nunca descrito para la especie. La investigación en estos momentos se está centrande en determinar los factores que pueden influir en la variabilidad del éxito del reclutamiento entre años y la influencia que ello puede tener para la dinámica de la especie a gran escala. Para estos análisis se ha iniciado una colaboración con un grupo de investigación del IMEDEA de Baleares, especializado en modelizar los factores oceanográficos y fisicoquímicos, a fin de caracterizar

Se han conseguido ejemplares juveniles a partir de las larvas obtenidas en el laboratorio

a lo largo del tiempo los cambios en las masas de agua del mar de Alborán.

Asimismo, se han instalado en las aguas de las islas Chafarinas diversos elementos y materiales para la captación de «semillas» del medio (colectores flotantes). En acuicultura se denominan semillas a los juveniles fijados espontáneamente sobre superficies artificiales. Diseñar un tipo de colectores adecuados para la fijación espontánea de juveniles de *P. ferruginea*, con características que faciliten la instalación de

un número suficiente de estas estructuras, supondría algunas ventajas obvias con vistas a su obtención. La principal sería que los juveniles obtenidos, cuyos destinos finales radicaría en ser trasladados a otras zonas geográficas en caso de urgencia, presentarían una diversidad genética considerable, acorde a la mezcla genética de gametos que tendría lugar durante el momento de la freza otoñal de la población de las islas Chafarinas.

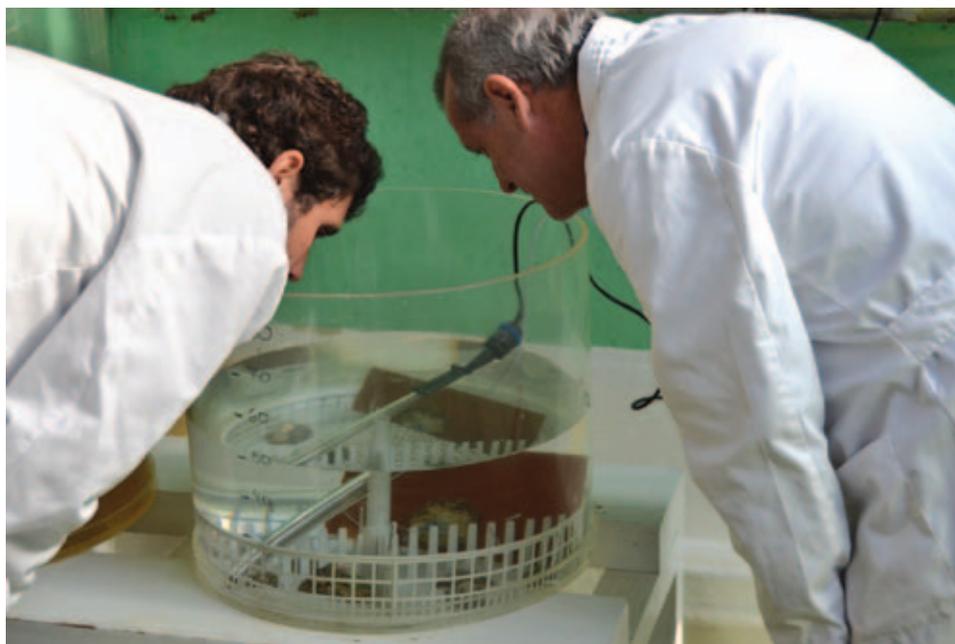
Por su parte, los trabajos dirigidos a la reproducción controlada para la obtención de

Entre los objetivos específicos está la obtención de ejemplares juveniles mediante técnicas de acuicultura

juveniles de *P. ferruginea* mediante técnicas de acuicultura se están desarrollando de forma paralela y bajo condiciones distintas en los centros de Castellón y de Tarragona. Ello conlleva el desarrollo o perfeccionamiento de técnicas relativamente heterogéneas para resolver aspectos como el mantenimiento de adultos *ex situ*, la inducción a la puesta, la maximización de la fecundación de los gametos, el seguimiento del desarrollo larvario, la consecución de la metamorfosis de las larvas nadadoras hasta que se fijan al sustrato como postlar-

vas, así como el crecimiento posterior de estos juveniles en condiciones adecuadas. Cabe destacar que los resultados obtenidos hasta la fecha en estos aspectos han sido más que satisfactorios. Se ha logrado reproducir en condiciones de laboratorio todo el ciclo embrionario y larvario y, lo que es más importante, se han conseguido ejemplares juveniles a partir de las larvas obtenidas en el laboratorio. Precisamente el paso de la fase larvaria en la columna de agua al juvenil reptante sobre el sustrato mediante la metamorfosis se considera que es la fase más crítica del desarrollo vital de la especie. Haber conseguido superar esta fase en condiciones artificiales supone un hito que hace presagiar el éxito del proyecto, diseñando una metodología para cerrar el ciclo biológico de la especie y producir ejemplares juveniles mediante técnicas de acuicultura. Para ello todavía es necesario lograr que estos pequeños ejemplares o reclutas sobrevivan y crezcan hasta alcanzar la madurez sexual.

Una tercera línea señalada dentro del proyecto es el estudio genético de las principales poblaciones de la lapa ferrugínea, que se está llevando a cabo en el laboratorio de Sistemática Molecular del Museo Nacional de Ciencias Natura-



Trabajo en el laboratorio: inducción al desove mediante manipulación de la temperatura en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (IATS). / Foto: Javier Guallart.



Visión ventral de un juvenil de unos 2 mm de longitud, obtenido mediante reproducción controlada. / Foto: Javier Guallart.

les. Los únicos trabajos genéticos publicados hasta la fecha están basados en marcadores moleculares universales que, aunque permiten hacer inferencias sobre el flujo genético en épocas pasadas, no tienen el nivel de resolución suficiente para dilucidar el estado genético de las poblaciones actuales y el alcance de la conectividad entre ellas en las condiciones presentes. Para ello, previamente, nuestro equipo había diseñado marcadores microsatélites específicos para esta especie, que se aplicarán a sus principa-

les poblaciones, ubicadas en el mar de Alborán y la costa argelina. Por el momento se dispone ya de muestras suficientes de Ceuta, de las islas Chafarinas y de algunos puntos de las costas marroquí y tunecina. En próximas campañas se espera completar las muestras necesarias para el estudio con material de la isla de Alborán, de Argelia y de varias localizaciones del litoral andaluz.

Por último, la Universidad Autónoma de Madrid participa en la adecuación de las inves-

tigaciones y resultados, que se van obteniendo, a las recomendaciones de la «Estrategia de conservación de la lapa ferrugínea (*Patella ferruginea*) en España» y a lo señalado en la Ley del Patrimonio Natural y la Biodiversidad relativo a las especies del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Asimismo, se encarga de la elaboración y corrección de textos para los diferentes artículos, tanto científicos como divulgativos.

En definitiva, los resultados obtenidos hasta la fecha han

sido notoriamente positivos en muchos aspectos, aunque todavía quedan algunos retos pendientes. Entre los logros más destacables deben reseñarse, por una parte, el haber conseguido establecer las condiciones para la estabulación (adaptación a la cautividad) de juveniles y adultos y, por otra, completar prácticamente el desarrollo larvario de la especie, alcanzando la metamorfosis hasta el estado de juvenil repante en condiciones de laboratorio. No obstante, quedan aún por resolver algunos aspectos cruciales para que sea una realidad completar la reproducción controlada de *P. ferruginea* (lo que en acuicultura se conoce como «cerrar el ciclo»).

En resumen, nuestro objetivo es establecer, mediante una aproximación multidisciplinar, los marcos teórico, técnico y práctico para la adecuada conservación de la lapa ferrugínea, minimizando su riesgo de extinción. Con esfuerzo, ingenio y los imprescindibles fondos para la investigación, podremos fijar las condiciones favorables para la supervivencia de una especie poco conocida y valorada, a la vez que extremadamente amenazada, para convertirse, por qué no, en un símbolo de la conservación de la biodiversidad marina. ■

03

**En torno a la
biodiversidad...**

CAUTION



El paisaje en mosaico del Mediterráneo y su supervivencia: de la ganadería extensiva al papel desempeñado por las especies exóticas

La comunidad vegetal que caracteriza a la cuenca del Mediterráneo se está viendo amenazada por la acción humana, que ha ido alterando su composición y estructura, disminuyendo la riqueza de especies que la componen y, en suma, degradando su propia naturaleza.

Jorge Cassinello Roldán

Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC, CSIC-UCLM-JCCM)

Las amenazas a nivel de ecosistema

Cuando nos referimos a especies amenazadas, dentro de la fauna española nos vienen rápidamente a la mente ejemplos como el lince ibérico, el

águila imperial o quizás la foca monje..., mientras que a nivel mundial podríamos citar la ballena azul, el tigre de Bengala o el panda gigante. Estos iconos de la conservación se corresponden con especies ani-

males, las cuales en muchas ocasiones nos sirven como «especies bandera» para llamar la atención sobre la conservación del ecosistema en donde habitan. De hecho es bien conocido el efecto posi-

vo que tiene el utilizar especies llamativas, atractivas, aceptadas y queridas por el imaginario colectivo, a la hora de conseguir llamar la atención de la opinión pública hacia la necesidad de llevar a cabo políticas



El arrui es una especie pastadora y podría consecuentemente ocupar un nicho vacío en el medio mediterráneo.
/ Foto: cedida por el autor.

que promulguen la conservación de la naturaleza. Pero estos ejemplos representan tan solo un pellizco en la punta de un tremendo iceberg. Según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en el año 2011, había contabilizadas 19.570 especies amenazadas, una estima basada exclusivamente en aquellos grupos taxonómicos suficientemente evaluados, por lo que la cifra real es seguramente mayor.

Por otro lado, ninguna especie vive aislada, sino que for-

ma parte de un ecosistema que le acoge, su «hogar» o nicho ecológico, el cual podemos definir como el conjunto de factores abióticos (físicos) y bióticos (organismos) que determinan las condiciones óptimas para que pueda desarrollar su ciclo vital. Las especies, pues, viven en compañía de muchas otras especies animales y vegetales, con algunas de las actuales pueden tener una estrecha relación, por ser fuente de alimento, potenciales depredadores, o simplemente compañeros de camino, compitiendo o no por la

obtención de recursos. Es evidente también que la situación de alarma que resume admirablemente la UICN en su Lista Roja, ocasionada en gran medida por la acción humana directa e indirecta, no tiene por qué ceñirse a especies concretas, salvo el caso en que estas sean objeto de interés y por tanto se busque el capturarlas o cazarlas expresamente, por lo que en gran cantidad de ocasiones las amenazas afectan a un hábitat o ecosistema determinado. Consecuentemente, podemos afirmar que algunos ecosistemas

pueden verse amenazados por la acción humana, por medio de la alteración de su composición y estructura, disminuyendo la riqueza de especies que lo componen y, en suma, degradando su propia naturaleza. Este es el caso actual de la comunidad vegetal que caracteriza la cuenca del Mediterráneo. Veamos por qué.

La cuenca mediterránea: ejemplo de biodiversidad

La cuenca mediterránea es considerada un *hot spot* o «punto caliente» en términos de conservación, debido a la gran diversidad de formas biológicas que alberga. Así, en sus 2,3 millones de kilómetros cuadrados existen al menos 25.000 especies de plantas, lo que se corresponde con un 10% de todas las especies vegetales existentes en la Tierra, ocupando el 1,6% de la superficie seca del planeta. Además, aproximadamente la mitad de estas especies son endémicas del Mediterráneo, y un 12% son raras o están amenazadas, porcentaje con tendencia al alza. ¿Qué ha originado esta fantástica biodiversidad? Hay cuatro factores a tener en cuenta: su biogeografía, su geología, su ecología y su historia. Tras la última glaciación, la denominada Würm, la cual tuvo su apogeo hace 20.000 años y sufrió un colapso drástico hace 10.000, comenzó un periodo de



Jorge Cassinello Roldán

Científico titular del CSIC y director del Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC), un instituto mixto de investigación, dependiente del CSIC, la Universidad de Castilla-La Mancha y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Granada en 1988. Desarrolló su trabajo doctoral en la Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC), en Almería, obteniendo el grado de Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Granada en 1994. Durante dos años disfrutó de un contrato como Research Associate en el Sub-Department of Animal Behaviour, Department of Zoology, de la Universidad de Cambridge, Reino Unido. Contratos postdoctorales en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), en Madrid (años 1995-2003). Asimismo, obtuvo un contrato Ramón y Cajal en 2003, trasladándose al IREC y creando su propio grupo de investigación, el cual está centrado en el estudio de la ecología del comportamiento y la biología de la conservación de ungulados. Entre sus líneas de investigación destacan el estudio de cuidados parentales, reproducción, ecología y conservación de grandes herbívoros, especies exóticas invasoras y sus efectos sobre el ecosistema, y efectos deletéreos de la consanguinidad. Tiene 70 publicaciones, entre artículos científicos, artículos de divulgación y capítulos de libro. Ha dirigido tres tesis doctorales, y ha sido responsable hasta la fecha de 15 ayudas para investigación, entre proyectos, contratos y acciones especiales, gestionando más de 600.000€ en recursos.

cambio en la cuenca mediterránea mediatizado por un nuevo y desconocido, hasta entonces, comportamiento de la especie humana: la recolección de recursos. Este periodo es el Neolítico, y en él nuestra especie comenzó a ser cazadora-recolectora, teniendo lugar una incipiente actividad agrícola y ganadera. Se trata del comienzo de la domesticación de plantas y animales. La capacidad de disponer de alimento, animal y vegetal, sin necesidad de realizar movimientos nómadas debido a los cambios estacionales que afectan a la disponibilidad de recursos, conlleva la creación de asentamientos humanos estables. Es el comienzo de los pueblos y ciudades y del comercio. Tiene lugar la gran transformación que da origen a nuestra civilización y, progresivamente, una transformación no menos acusada del medio natural en el que vivimos. La cuenca mediterránea es, pues, testigo de estos importantes cambios y sus consecuencias.

Los cambios ocasionados en el Neolítico

Al comienzo del Neolítico existía en este ámbito geográfico una importante diversidad de ecosistemas vegetales, los cuales habían coevolucionado con gran variedad de animales herbívoros, entre los que destacaban cérvidos esen-

cialmente ramoneadores (tales como *Cervus* spp. o *Dama* spp.), es decir, que se alimentan sobre todo del estrato leñoso, y bóvidos de gran tamaño como el uro (*Bos primigenius*) y el bisonte europeo (*Bison bonasus*), esencialmente pastadores, al igual que el caballo salvaje o tarpán (*Equus ferus*). El conjunto de estos ungulados herbívoros, abundantes en toda la cuenca, como así indican los restos fósiles de ese periodo, ocasionaban una elevada presión de herbivoría sobre la cubierta vegetal, lo cual originó en las especies de plantas del Mediterráneo el desarrollo de defensas físicas y químicas, debido a un proceso de coevolución entre estas y los herbívoros. Asimismo, la elevada diversidad de plantas mediterráneas, tanto leñosas como pertenecientes al estrato herbáceo, se vio favorecida por la herbivoría, al controlar esta la proliferación de especies de plantas dominantes en la comunidad vegetal.

Pero el equilibrio alcanzado entre plantas y herbívoros comenzó a verse alterado por la acción humana, en dos ámbitos complementarios: la caza y la domesticación de especies silvestres. La actividad cazadora originó una presión desmedida y desconocida hasta entonces sobre los ungulados, particularmente sobre bisontes y uros. En el caso del

bisonte, abundante en praderas y bosques más septentrionales, la caza por su carne y su piel dio lugar a una progresiva desaparición de la especie de la cuenca mediterránea. Así, en la Península Ibérica el último registro de bisonte se localiza en Navarra en el siglo XII. En relación al uro se cree que los factores que dieron lugar a su extinción fueron la caza y la degradación del hábitat por el hombre, así como la probable competencia por los recursos con poblaciones domésticas de ganado vacuno. Los estudios genéticos más recientes parecen indicar que la domesticación del uro solo tuvo lugar en las poblaciones de Oriente

Medio, pero esta versión doméstica se expandió rápidamente por el Mediterráneo. Al parecer el uro ya se habría extinguido de la cuenca mediterránea en los últimos años del imperio romano. En el caso del tarpán, su progresiva desaparición en el Neolítico parece ser consecuencia principalmente del desplazamiento al que se vio sometido por la creciente proliferación de caballo doméstico en la cuenca. En suma, el proceso paulatino de domesticación de especies silvestres por parte del hombre del Neolítico está considerado como uno de los factores más determinantes a la hora de explicar la extinción de herbívo-

Según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, en el año 2011, había 19.570 especies amenazadas

ros pastadores como el uro y el tarpán.

Asimismo, la alteración del hábitat provocada por la creciente actividad agrícola debió ejercer un papel importante también en el desplazamiento de poblaciones de ungulados, particularmente los que habitaban valles y zonas de media montaña. Además, la conducta gregaria de los grandes herbívoros pastadores pudo jugar en su contra. Tanto bisontes como uros y tarpanes mostraban una elevada dependencia trófica a la riqueza de los pastos, la cual está mediatizada por los cambios estacionales. Este hecho probablemente ocasionaba movimientos migratorios de grandes manadas de estos herbívoros, en busca de pastos adecuados, tal y como en la actualidad hacen otras especies de ungulados, lo que seguramente facilitaría el seguimiento, caza y captura por parte del hombre del Neolítico.

La realidad es que durante este crucial periodo que transcurre en la cuenca mediterránea desde hace unos 10.000 años hasta aproximadamente hace 3.000 años, el hombre alteró el paisaje, persiguió especies hasta su extinción, domesticó plantas y animales, y creó un nuevo orden, el cual, paradójicamente, seguía caracterizado por una gran riqueza florística en donde se alterna-



Se está produciendo un incremento significativo de las poblaciones autóctonas de ungulados en todo el continente europeo.
/ Foto: cedida por el autor.

ban entornos boscosos, arbustivos y pastizales. De alguna manera, el nicho ocupado por los extintos ungulados pastadores pasó a ser ocupado por ganado vacuno, equino y ovino, los cuales junto al caprino, configuraban una presión de herbivoría elevada, quizás semejante a la ejercida por los ungulados silvestres previos.

Los cambios actuales: consecuencias medioambientales del abandono rural

¿Qué está ocurriendo en la actualidad? La realidad socioeconómica de nuestra sociedad está ocasionando un progresivo y en ocasiones acelerado abandono del medio rural. La falta de recursos económicos, las mayores posibilidades que ofrecen a este respecto las ciudades y, en definitiva, la nula percepción de un futuro estable por parte de la población rural están promoviendo el abandono de los cultivos agrícolas y de la ganadería en extensivo en amplias zonas de la cuenca mediterránea. Este hecho está marcando un apreciado avance de masas de matorral e incluso boscosas en áreas en donde predominaba un paisaje en mosaico, alternado con pastos y prados. Las consecuencias son aún imprevisibles.

Entre los principales efectos negativos que esta realidad está causando se encuentran:



En zonas de la cuenca mediterránea se está promoviendo el abandono de los cultivos agrícolas y de la ganadería en extensivo.
/ Foto: cedida por el autor.

La cuenca mediterránea es considerada un «punto caliente» en términos de conservación

- Homogeneización del ecosistema vegetal. Pérdida de biodiversidad.
- En climas áridos y semiáridos, aumento de la erosión por desaparición de la cubierta vegetal.
- La pérdida de heterogeneidad en los hábitats afectará a las especies animales adaptadas al ecotono y a los paisajes de estructura variable.
- Aumento del riesgo de incendios forestales por el aumento del entorno arbustivo o biomasa combustible.

Es evidente que el papel desempeñado por la ganadería extensiva, ocupando un nicho

ecológico previamente feudo de grandes herbívoros pastadores, ha permitido mantener el paisaje en mosaico propio de la cuenca del Mediterráneo, en donde se alternan pastos, matorrales y bosques de muy distinto linaje, dependiendo de la altitud, composición del suelo y demás factores biogeográficos.

Los ungulados silvestres

En la actualidad, se está produciendo un incremento significativo de las poblaciones autóctonas de ungulados en todo el continente europeo y la cuenca mediterránea en particular. Las razones son variadas, pero el interés cinegético, la falta de depredadores naturales y el abandono del medio rural por parte del hombre

se encuentran entre las principales causas. Este aumento de herbívoros está teniendo lugar con un sesgo importante, predominando las especies esencialmente ramoneadoras. Así, en el monte mediterráneo español tenemos ciervo común (*Cervus elaphus*), corzo (*Capreolus capreolus*) y gamo (*Dama dama*), y en la alta montaña cabra montés (*Capra pyrenaica*); el caso del rebeco (*Rupicapra pyrenaica*), una especie generalista con hábitos ramoneadores y pastadores, es diferente, pues se encuentra muy localizado en las zonas montañosas del Cantábrico y los Pirineos. Apreciamos pues una relevante carencia de ungulados herbívoros esencialmente pastadores entre la fauna autóctona del Mediterráneo, dado que, como hemos visto, hace cientos de años que se extinguieron uros, bisontes y tarpanes. Por otra parte, ya hemos visto que el nicho ecológico de estas especies extintas ha sido ocupado progresivamente por ganado vacuno, ovino y equino... hasta hoy.

En las actuales circunstancias, ¿peligra el ecosistema vegetal en mosaico que ha caracterizado al Mediterráneo desde el comienzo del presente periodo postglacial? Quizás no. No sería acertado afirmar que carecemos de ungulados silvestres que se alimenten prin-

La domesticación de especies silvestres por el hombre del Neolítico fue un factor determinante para la extinción de herbívoros pastadores

cialmente de herbáceas, lo que ocurre es que estos ungulados no son autóctonos, o al menos no lo es uno de ellos. Nos referimos al muflón europeo (*Ovis orientalis musimon*) y al arrui (*Ammotragus lervia*).

Todos los indicios nos muestran al muflón europeo como una oveja salvaje de origen asiático que sufrió un incipiente proceso de predomesticación en Europa a comienzos del Neolítico, volviendo a un estado asilvestrado en varias islas del Mediterráneo. La domesticación de ovejas salvajes debió comenzar hace unos 8.000 años en Europa Oriental, en la Península de Anatolia, siendo al parecer el muflón un ejemplo temprano de dicho proceso. De hecho la estrecha relación genética con la oveja doméstica lo coloca en la posición ancestral de la misma. Mientras en la Europa continental y en el Oriente Próximo proliferaron poblaciones de ovejas domésticas, en las islas mediterráneas de Córcega, Cerdeña y Chipre el muflón permaneció intacto, tal y como lo conocemos ahora, con su peculiar librea, de tonalidad pardo oscuro, con una conspicua «silla de montar» de tono blanco en el lateral de los machos. Con posterioridad, en el siglo XVIII, comenzó a ser introducido desde las islas al continente europeo como especie cinegética, aun-

que se tiene constancia de que ya en el Medioevo se introdujo como especie ornamental en parques y jardines. El valor creciente de su trofeo cinegético ha ocasionado una presencia significativa en libertad en varios países del centro y este de Europa, así como en España. En nuestro país se introdujo en 1953, cuando unos pocos ejemplares procedentes de Francia y Luxemburgo fueron liberados en la Sierra de Cazorla, Jaén. Desde entonces ha proliferado en libertad y en cotos de caza privados. La población española está considerada como una de las más valiosas desde el punto de vista cinegético; sin embargo, desconocemos el nivel de endogamia y sería necesario realizar un estudio de variabilidad genética y viabilidad de nuestras poblaciones. Recientes investigaciones comparativas de selección de alimento indican que se trata de una especie básicamente pastadora, con un aparente escaso nivel de solapamiento con la dieta de otros ungulados herbívoros autóctonos con los que convive, en concreto con el ciervo ibérico. El muflón está perfectamente adaptado al monte mediterráneo, prefiriendo las áreas de ecotono, o zonas de matorral-bosque denso acompañado de zonas abiertas con pasto. Puede estar presente en áreas rocosas y pedregosas, por lo gene-

ral entre los 1.000 y los 1.500 metros de altitud. En realidad es una especie que se adapta fácilmente a distintos medios, aunque prefiere el matorral y los roquedos. Como contraste destacar su adaptación a la alta montaña en los Pirineos y los Alpes.

El arrui es un primitivo caprino norteafricano considerado por algunos autores origen de la cadena evolutiva de ovejas y cabras salvajes. Su estatus y distribución en los países de origen está poco documentado, pero en esencia se encuentra en retroceso debido a la caza indiscrimina-

da y a la alteración de su hábitat. Paradójicamente el arrui como especie no está amenazado al existir poblaciones introducidas con un elevado éxito reproductivo en el sur de los Estados Unidos de América, norte de México y sureste de España. El arrui, al igual que el muflón, o incluso en mayor grado, es también una especie esencialmente pastadora y podría consecuentemente ocupar un nicho vacío en el medio mediterráneo. Es habitante de áreas rocosas en donde predominan pastos de montaña y matorral variado. Sin embargo, no se adapta a todos los ambientes y prefiere

La ganadería extensiva ha permitido mantener el paisaje en mosaico propio de la cuenca del Mediterráneo

re zonas áridas o semiáridas, en donde el nivel de precipitación sea relativamente escaso. El arrui no ha conseguido adaptarse a ningún otro país europeo en donde se ha intentado su introducción (v.g., Alemania e Italia). Estudios realizados en cautividad indican una sorprendente capacidad de soportar elevados niveles de endogamia. Finalmente, indicar el carácter colonizador de la especie que origina amplias distribuciones acompañadas, de una elevada tasa reproductiva.

Cómo evitar la pérdida de la heterogeneidad paisajística del Mediterráneo

Preservar pues la biodiversidad vegetal de la cuenca mediterránea ha de ser una prioridad en las políticas de conservación. ¿Qué soluciones se pueden proponer?

Hasta la fecha la ganadería extensiva ha ayudado al mantenimiento de la heterogeneidad ecológica, sin embargo la realidad socioeconómica actual hace bien difícil plantear una política de apoyo o subvención que permita mantener de forma significativa la viabilidad de este tipo de pastoreo. El progresivo abandono del medio rural parece un hecho irreversible, y nos enfrenta a un nuevo escenario que tendrá importantes repercusiones medioambientales en el futuro



La población española de muflón está considerada como una de las más valiosas desde el punto de vista cinegético.
/ Foto: cedida por el autor.

inmediato. Tenemos que estar preparados para responder a ello.

Necesitamos recuperar la presencia en nuestros campos de especies pastadoras silvestres, naturales, capaces de mantenerse por sí mismas y reproducirse en el medio natural. Contamos ya con la presencia significativa de dos ungulados exóticos en nuestros campos; y nos enfrentamos ahora al problema ecológico, y también ético, sobre si estas especies pueden resultar paradójicamente útiles para gestionar nuestro medio natural. Aún nos falta mucha información científica para conocer qué efectos ecológicos ocasionan estos bóvidos sobre el medio que les acoge; pero podemos avanzar algunas hipótesis de trabajo.

El muflón europeo, como hemos visto, es probablemente el ancestro de todas las razas europeas de ovejas domésticas; las cuales han sido y son ampliamente utilizadas en extensivo en la cuenca mediterránea. Su nivel de gregarismo es inferior al de los rebaños de ovejas pastoreados por el hombre, y los previsibles daños sobre la flora no es esperable que sean por tanto superiores al de sus parientes más modernos. Consecuentemente, podríamos considerar al muflón como propio de

la cuenca mediterránea *sensu lato*, y quizás una especie pastadora de interés a la hora de preservar pastos y praderas de montaña.

En cuanto al arrui nos encontramos con un problema mayor, debido a su origen geográfico y taxonómico. Para poder determinar su incidencia en el medio es necesario llevar a cabo detallados estudios sobre sus efectos en el ecosistema mediterráneo. Si conocemos bien su ecología trófica, sus hábitos alimenticios, su dinámica poblacional, si gestionamos bien sus poblaciones, quizás pueda ser un aliado a la hora de preservar los pastos y los matorrales de nuestras zonas de montaña semiáridas.

En suma, como ecólogo debo primar el estudio con base científica, pero tampoco puedo descartar hipótesis alternativas a la posición fundamentalista relativa al origen «exótico» de las especies. El entrecomillado es mío.

Me permitiré una última licencia como colofón de este ensayo. ¿Y sí reintroducimos al uro, bisonte y tarpán? Aquí nos enfrentamos con varios problemas, desde el exotismo de especies que llevan cientos de años alejadas de nuestros ecosistemas (discutible), hasta la viabilidad de espe-

Necesitamos recuperar la presencia en nuestros campos de especies pastadoras silvestres

cies «reconstruidas» genéticamente (uro, tarpán...). El bisonte europeo, empero, sí es un superviviente; la población recuperada en Polonia es un magnífico ejemplo de éxito conservacionista, pues estuvo al borde de la extinción a principios del siglo XX, y un exitoso programa de cría en cautividad lo salvó; si bien, a costa de una dramática pérdida de variabilidad genética. Hay un programa europeo de reintroducción del bisonte en varios países europeos, incluida España. Desconozco el fundamento científico fino, las premisas ecológicas que se están barajando..., pero no descarto un avance por este camino que podría aportar soluciones al mantenimiento del paisaje, sobre todo en áreas más septentrionales. Habremos de estar atentos a los acontecimientos y abogar por un seguimiento científico riguroso.

En suma, puede haber soluciones, pero es evidente que estamos siendo testigos de un cambio de uso del suelo, estamos abandonando la sostenibilidad espontánea del hombre del Neolítico; tenemos que estudiar con cuidado las alternativas y dedicar grandes esfuerzos en salvaguardar nuestro rico patrimonio natural. Las generaciones venideras nos juzgarán... confío que benévola-mente. ■



Fundación **BBVA**

Ciencia y humanidades

La Fundación BBVA tiene como objetivo central de su actividad el apoyo a la investigación científica de excelencia, la música, la creación artística y literaria y las humanidades. La ciencia, la tecnología, la música y el arte, así como su estudio académico en el marco de las disciplinas humanísticas, forman hoy un espacio continuo, convergiendo en el modelado de la cultura y la sensibilidad del presente.

La Fundación BBVA impulsa el conocimiento a través de programas propios, abarcando proyectos de investigación, formación avanzada, y difusión a la sociedad de los resultados de la investigación y la creación. Entre las áreas de atención preferente destacan el medio ambiente (biodiversidad, cambio climático), la biomedicina, las ciencias básicas y la tecnología, economía y sociedad, música clásica y contemporánea, literatura, artes plásticas y humanidades.

La Fundación BBVA reconoce también, a través de distintas familias de premios, las realizaciones de investigadores y artistas. Los Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento, desarrollados en colaboración con el CSIC y actualmente en su tercera edición, distinguen a escala internacional contribuciones particularmente sobresalientes, capaces de desplazar de manera significativa el ámbito de lo conocido en los ocho ámbitos siguientes: Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas), Biomedicina, Ecología y Biología de la Conservación, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Economía, Finanzas y Gestión de Empresas, Música Contemporánea, Cambio Climático, y Cooperación al Desarrollo.

Con esas actuaciones, la Fundación BBVA desarrolla un principio central del Grupo BBVA: trabajar por un futuro mejor para las personas, mediante el impulso continuo del conocimiento y la innovación.

www.fbbva.es

Una mirada a la biología de la conservación desde la biología evolutiva

El autor en su texto nos propone que es esencial averiguar qué patrones evolutivos han conducido a la diversidad biológica actual para poder entender cuáles son los factores clave que generan biodiversidad, así como para disponer de un marco histórico en el que contextualizar la riqueza biológica actual.

Xavier Bellés

Director del Instituto de Biología Evolutiva (CSIC-UPF)

En investigación científica, uno de los principales retos que siguen al establecimiento de la secuencia del genoma humano, y de los genomas de muchas otras especies, es la descripción y comprensión de la diversidad biológica, ya sea dentro de cada especie (el estudio de la variación, del polimorfismo) o entre diferentes especies (el análisis de la divergencia). Las herramientas y conceptos fundamentales para describir y comprender la diversidad biológica nos las proporciona la biología evolutiva, y dicha comprensión nos lleva directamente a entender las claves y mecanismos esenciales de la marcha de la vida, nada

menos. En ese marco se encuadran los objetivos del Instituto de Biología Evolutiva (IBE), fundado en 2008 como centro mixto del CSIC y la Universitat Pompeu Fabra, y del cual extraeremos algunos ejemplos de líneas de investigación relacionadas con la biodiversidad y su conservación.

Hoy en día se estima que hay entre 1,5 (Robert May, 2000) y 1,9 (Arthur Chapman, 2009) millones de especies descritas, y esa amplia horquilla viene dada sobre todo por problemas de sinonimias en los catálogos taxonómicos. Cabe señalar que más del 60% de las especies descritas son ar-

trópodos, con alrededor 1,15 millones de especies, y la inmensa mayoría de ellas (1 millón) son insectos. El resto de las especies conocidas se divide entre plantas (más de 300.000 especies, aproximadamente 16% del total), hongos (casi 100.000 especies, aproximadamente 5% del total), moluscos (unas 85.000 especies, aproximadamente 4,5% del total) y vertebrados (más de 63.500 especies, aproximadamente 3,4% del total). Debemos reconocer, pues, que no sabemos con exactitud cuántas especies válidas han sido descritas, pero nuestra incertidumbre es mayor cuando tratamos de

evaluar cuántas especies en total hay en nuestro planeta. Las estimaciones más conservadoras contemplan un rango de valores de entre 3,5 y 111,5 millones de especies. La valoración más reciente ha sido publicada en 2011 por Camilo Mora y sus colaboradores, y predice que en la Tierra habría 8,7 millones de especies eucariotas, 2,2 millones de las cuales serían marinas. Dicho trabajo también estima que un 86% de las especies terrestres y un 91% de las marinas todavía esperan descripción.

En cualquier caso, el número de especies que habitan actualmente la Tierra es muy alto,

probablemente el más alto que ha habido nunca en el pasado. Y ello es el resultado de la evolución de la vida durante más de 3.500 millones de años, es decir, transcurridas más de las tres cuartas partes del tiempo en que la vida en nuestro planeta será posible. A partir de un ancestro común, la vida se ha ido diversificando en millones de linajes diferentes a través de una sucesión contingente de procesos de especiación y de extinción. De hecho, una serie de autores, como Jack Sepkoski, Robert May o Michael Benton, estiman que las especies actuales representan solo el 2-4% de todas las especies que han existido en la Tierra. No obstante, se puede dar un gran número de combinaciones de ritmos de especiación y de extinción susceptibles de llevar a un estado final de gran diversidad, como el que ahora presenciamos. Por lo demás, averiguar qué patrones evolutivos han conducido a la diversidad biológica actual es esencial para poder entender cuáles son los factores clave que generan biodiversidad, así como para disponer de un marco histórico en el que contextualizar la riqueza biológica actual.

Está claro que, para indagar acerca de los patrones de diversificación a lo largo del tiempo, la primera fuente de información a considerar sería el registro fósil. Catalogar las diferentes for-



Xavier Bellés.

mas de vida del pasado debería poder llevarnos a deducir el ritmo de aparición y desaparición de grupos de organismos en diferentes periodos de la historia geológica de la Tierra y, en última instancia, a identificar patrones generales de diversificación biológica. Sin embargo, el registro fósil está muy lejos de ser una fuente de información ideal, ya que sabemos que es incompleto y está sesgado. Así, los organismos sin esqueleto raramente fosilizan, lo que impide cualquier cuantificación de la biodiversidad más allá del último centenar de millones de años que preceden al Cámbrico. Además, se da una marcada tendencia hacia la formación de fósiles en determinados ambientes, como lo muestra el hecho de que el 95% de los fósiles descritos sean marinos, mientras que más del 85% de la biodiversidad actual conocida es terrestre.

Afortunadamente, la diversificación biológica puede estudiarse

Xavier Bellés

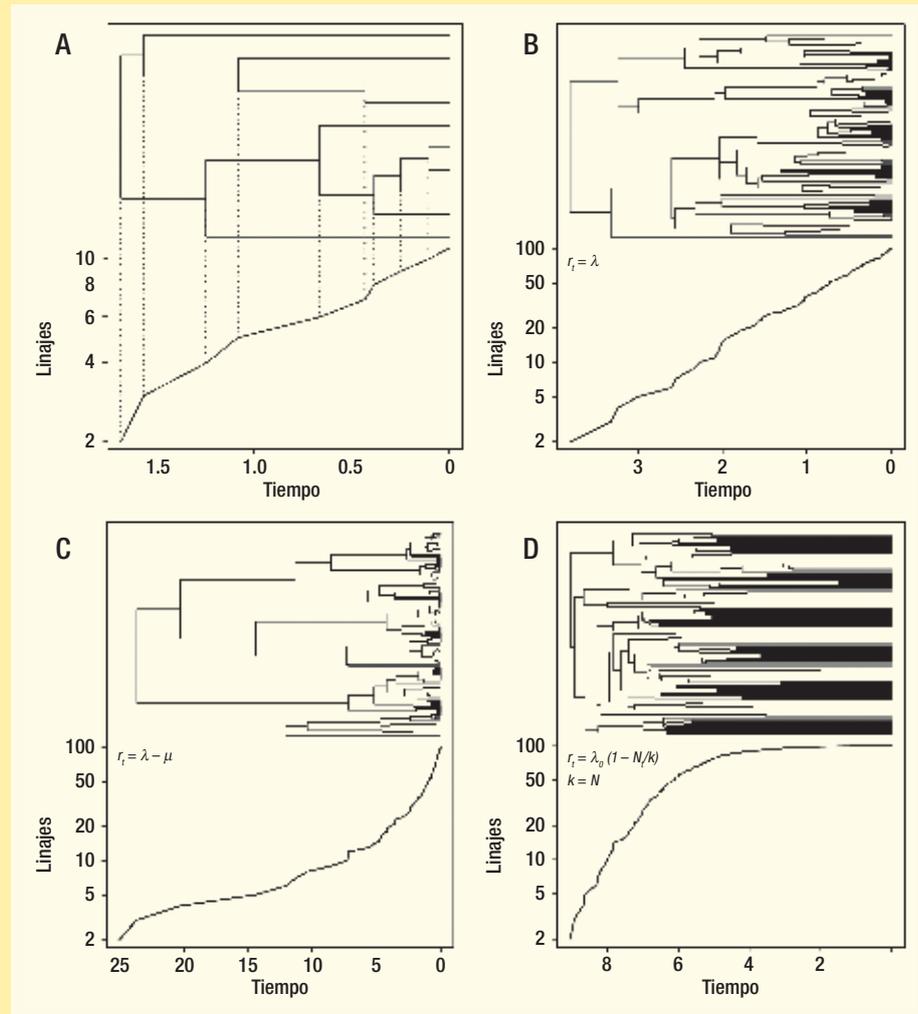
Profesor de investigación del CSIC y director del Instituto de Biología Evolutiva (IBE), CSIC-UPF. Coordinador del Área de Recursos Naturales del CSIC entre 2004 y 2008. Se dedica al estudio de los insectos, en particular de la metamorfosis. Ha publicado una veintena de libros y algo más de un centenar de artículos en revistas del *Science Citation Index* (SCI), y es miembro del consejo de redacción de 5 revistas SCI. Además, dedica una parte de su tiempo libre a divulgar la ciencia. Académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, del Institut d'Estudis Catalans y del Institut Menorquí d'Estudis. Galardonado con el *Prix Maurice et Thérèse Pic* de la *Société Entomologique de France* (Paris), el Premio de Literatura Científica de la *Fundació Catalana per a la Recerca* (Barcelona) y el Prisma de Bronce de la Casa de las Ciencias (A Coruña).

también a través de la información de las filogenias moleculares, como lo muestran los análisis globales de diversificación en mamíferos a partir de filogenias moleculares, realizados en el IBE en el contexto de la tesis doctoral de Víctor Soria-Carrasco, con la supervisión de José Castresana. A partir de los árboles filogenéticos se puede analizar la diversificación mediante el estudio de las distancias entre eventos cladogénéticos. Esa información puede representarse mediante gráficos de acumulación de Linajes a Través del Tiempo (*Lineages Through Time*, LTT), que permiten examinar de una manera sencilla el patrón de diversificación que contiene el árbol filogenético (Figura 1A). A partir de ahí se pueden emplear modelos de diversos tipos que describan los procesos de diversificación. El más simple es el modelo de especiación pura (*pure birth*), en el cual los linajes aparecen a un ritmo constante, generando una

línea recta en los gráficos LTT semilogarítmicos (Figura 1B). El modelo *pure birth* no sería más que un caso concreto dentro de los modelos de especiación y extinción (*birth-death*) en el cual no se permiten los procesos de extinción. El siguiente más simple sería un modelo *birth-death* en el cual las tasas de especiación y extinción son constantes (Figura 1C). Estos modelos se pueden complicar notablemente si permitimos cambios puntuales de la tasa de diversificación. De esta manera se pueden producir variaciones en la tasa de especiación en un modelo *pure birth* o cambios en la tasa de extinción o en ambas en un modelo *birth-death*, lo que genera patrones más complejos.

Otro tipo de modelos son los dependientes de densidad, de modo que la tasa de diversificación varía gradualmente en función del número de linajes. Los modelos dependen-

/// Figura 1. Estudio de procesos de diversificación a partir de modelos basados en árboles filogenéticos. //////////////////////////////////////



A: Árbol de 10 taxones simulado con un modelo *pure birth* y su correspondiente gráfico de Linajes a Través del Tiempo (LTT) (el número de linajes se representa en escala logarítmica). B-C: Árboles y gráficos LTT de filogenias simuladas bajo un modelo *pure birth* (B) y bajo un modelo *birth-death* (C) (el eje de ordenadas se muestra en escala logarítmica; r_t es la tasa de diversificación a tiempo t , λ es la tasa de especiación y μ la tasa de extinción). D: Árbol y gráfico LTT de una filogenia simulada bajo un modelo en que la tasa de diversificación va disminuyendo hasta alcanzar un límite

tes de la densidad son muy interesantes ya que, al vincular el ritmo de diversificación al número de linajes presentes en un momento determinado, permiten asumir una relación entre la diversificación y la ecología. Así, los modelos de disminución gradual de la tasa de diversificación reflejarían la idea de que existe un límite de nichos disponibles, por lo cual, el ritmo de aparición de nuevos linajes debería disminuir a medida que son ocupados los nichos ecológicos (Figura 1D). Por lo demás, los modelos de crecimiento gradual permiten explorar la posibilidad de que el incremento en el número de linajes favorezca la aceleración de los procesos de especiación en la idea, muy estimulante pero que todavía goza de poco apoyo de los especialistas, de que la biodiversidad puede actuar como un catalizador de la propia biodiversidad. Vemos, pues, cómo la biología evolutiva nos da valiosas herramientas para estimar cómo son los ritmos de especiación y extinción biológica a través del tiempo. Y saber cómo han sido históricamente esos ritmos nos permite apreciar de manera más cabal lo brutal del ritmo de extinción actual de la biodiversidad, por causas mayoritariamente antropocéntricas, como todo el mundo sabe, y enfocar los criterios de conservación de las especies

Figuras cortesía de Víctor Soria-Carrasco y de José Castresana, del Instituto de Biología Evolutiva (IBE).

Su especie hermana, el tritón pirenaico, se encuentra en ambas vertientes del Pirineo, entre los 500 y los 2.500 m de altitud, y se observa especialmente en aguas limpias, sin mucha corriente y no demasiado profundas, aunque es capaz de adaptarse a balsas, torrentes, arroyos e incluso abrevaderos de ganado. En 2008, la IUCN incluía al tritón pirenaico en la categoría de especie «casi amenazada» ya que ocupa un área algo mayor de 20.000 km² y su hábitat se encuentra en declive. ¿Por qué no concentrar, pues, los esfuerzos de conservación en el tritón pirenaico y olvidarnos del tritón del

Montseny, si la información evolutiva general que aporta este último parecería redundante? Pues por diversas razones. Incluso desde una perspectiva evolutiva, la pérdida del tritón del Montseny representaría la pérdida de información directa sobre diferentes procesos evolutivos protagonizados por esta especie, que tiene unas características morfológicas, ecológicas y comportamentales tan especiales. En este caso no conocemos criterios ecológicos clamorosos a favor de la conservación, como los tenemos en el caso del emblemático lince ibérico, con su papel de especie paraguas y

de regulador de la abundancia de presas como el conejo, o de mesodepredadores, como el zorro o el meloncillo, o en el caso más universalmente popular de los entrañables elefantes africanos, cuya desaparición podría comportar cambios ecológicos dramáticos en la selva y la sabana africanas.

Por último, no debemos olvidar los argumentos patrimoniales (o sentimentales, si se quiere). El tritón del Montseny, el lince ibérico y los elefantes africanos, aunque a escalas diferentes de localidad o universalidad, son patrimonio de la humanidad. Conser-

var el tritón del Montseny tendría un sentido parecido al de preservar las iglesias románicas de Taüll, aunque haya muchas iglesias románicas, o la biblia de Roda, aunque haya un puñado de biblias medievales, o una Constelación de Joan Miró, aunque haya 22 más. A principios de la década de 1970, cuando quedaban unos pocos centenares de ejemplares de la ballena azul, *Balaenoptera musculus*, el famoso economista Colin W. Clark se preguntó qué negocio sería mejor, si interrumpir las capturas de la ballena azul y desarrollar un programa de explotación sostenible, o bien capturar todos los ejemplares que quedaban e invertir los beneficios en valores en expansión. La respuesta fue que sería mejor negocio matarlas a todas e invertir el dinero. Como ya replicó Edward Wilson en su día, los argumentos agresivamente economicistas contienen el error fundamental de ignorar el valor real que proporciona la biodiversidad a la salud de los sistemas ecológicos de nuestro planeta y, por añadidura, a la nuestra. Aunque menos tangible, el razonamiento de Clark también genera el rechazo visceral en los amantes de la naturaleza y de su conservación por las razones patrimoniales, o sentimentales, que apuntaba arriba, y que tampoco son nada desdeñables. ■



Figura 3. Imagen del tritón del Montseny, *Calotriton arnoldi*, en la típica posición de cópula, en la cual el macho (debajo y de cara en la fotografía) sujeta a la hembra (encima y de espaldas) con la cola. / Foto: cortesía de Salvador Carranza, del Instituto de Biología Evolutiva (IBE).

Algunos secretos de las plantas amenazadas del Pirineo

La autora nos conduce por los resultados obtenidos durante las dos últimas décadas a partir de los estudios de campo llevados a cabo con cuatro plantas pirenaicas amenazadas, según el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (CEAA), *Pinguicula longifolia* subsp. *longifolia*, *Petrocoptis pseudoviscosa*, *Cypripedium calceolus* y *Borderea chouardii*.

María Begoña García

Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)

Es de todos conocido que las plantas son los productores primarios y la base de la biodiversidad de los ecosistemas. De ellas depende el oxígeno que respiramos, la alimentación y otros muchos bienes y servicios de los que disfrutamos tanto los seres humanos como el resto de los seres vivos que conforman las redes tróficas. En la última década, sin embargo, hemos asistido a una lluvia informati-

va de predicciones negativas que pronostican una drástica y rápida pérdida de diversidad a nivel mundial, basada en modelos de nicho ecológico y escenarios futuros de cambio climático. Esta catastrofista visión proviene de una única metodología no experimental, que no siempre se ha visto confirmada por los escasos estudios recientes de seguimiento de plantas durante las últimas décadas. Si las

predicciones no son muy halagüeñas para las plantas más comunes, es lógico pensar que puedan ser peores para el caso de plantas amenazadas. Por ello resulta necesario conocer el papel de estas plantas raras en el ecosistema y su vulnerabilidad real frente a los cambios globales en los que estamos inmersos.

En este artículo mostramos los resultados obtenidos du-

rante las dos últimas décadas a partir de estudios de campo de cuatro plantas pirenaicas amenazadas, según el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (CEAA), *Pinguicula longifolia* subsp. *longifolia*; *Petrocoptis pseudoviscosa*; *Cypripedium calceolus* y *Borderea chouardii* (Figura 1). Constituyen solo unos pocos ejemplos que ilustran la historia de vida de plantas de muy restringida distribución.



María Begoña García.

María Begoña García

Científico titular del CSIC en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Doctora en Ciencias (Biología) en 1993 gracias a beca de Gobierno de Aragón, en el Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), sobre la reproducción y demografía de plantas endémicas de Pirineos. Postdoctoral, dos años en Suecia y Nueva Zelanda, cuatro años en la Estación Biológica de Doñana (contrato reincorporación) y dos años en la Universidad de Sevilla (Ramón y Cajal). Docencia en las universidades de Navarra, Zaragoza, Sevilla, y Pablo de Olavide (Sevilla). Línea de investigación: dinámica y conservación de la biodiversidad, tanto a nivel de comunidad (patrones espaciales en gradientes altitudinales, reglas de ensamblaje, y cambios en las últimas décadas) como de poblaciones de especies (tendencias y análisis de viabilidad poblacional de plantas raras, amenazadas, indicadores o en límite de distribución).

Ejemplos al azar que nos pueden dar una visión distinta y más objetiva sobre su ecología y dinámica poblacional, con el fin de entender mejor las claves de su existencia actual y proponer medidas más eficientes para evitar su futura pérdida.

Comenzaremos este recorrido con *Pinguicula longifolia* subsp. *longifolia* (Lentibulariaceae), una planta endémica del Pirineo central catalogada como «de interés especial». Se trata de una grasilla (un tipo de planta carnívora) rupícola, cuyas largas hojas de hasta 30 cm cuelgan en las paredes calizas rezumantes en las que habita, constituyendo trampas pasivas adhesivas para los insectos que por allí se mueven. Al igual que ocurre en muchas otras plantas, sus flores son visitadas por polinizadores (principalmente himenópteros y dípteros de larga trompa), gracias a los cuales fructifica y dispersa numero-

sas diminutas semillas capaces de alcanzar nuevas «islas ecológicas» donde germinar. A diferencia de muchas otras plantas, sin embargo, se beneficia de los animales causándoles la muerte al capturarlos en sus hojas. La mayor parte de los artrópodos de entre 1-4 cm que se le aproximan quedan atrapados tras entrar en contacto con las glándulas pediceladas de sus hojas, y sus nutrientes son digeridos tras la secreción de enzimas digestivos por parte de unas diminutas glándulas sé-siles. Las hojas jóvenes están en contacto con la pared caliza al inicio de su desarrollo, y dichas presas quedan accesibles a otros organismos que las recogen como quien va a un supermercado a por comida: las hormigas que pululan por las paredes rezumantes. Sin embargo, las trampas de esta grasilla no son capaces de retener ni a los grandes voladores, como tóxicos o ma-

Esta humilde y restringida grasilla pirenaica de largas hojas es la base de una rica red de interacciones bióticas

riposas, ni a los más pequeños artrópodos que también circulan por ese lugar: ácaros del grupo *Oribatula tibialis* que caminan por debajo de las glándulas pediceladas como quien va de excursión por un bosque de hayas. Este pequeño ácaro (una subsp. nueva para la ciencia que no se ha descrito todavía, ni parece haberse encontrado en ningún otro lugar) se alimenta de los restos de las presas una vez digeridas por las hojas de la grasilla (Figura 2) y se aloja en los recovecos formados por las revolutas hojas, donde muda, excreta, y hemos podido observar hembras grávidas. Es muy posible que esta interacción suponga también un beneficio para la planta puesto que el ácaro se alimenta de hifas y hongos que podrían suponer un peligro.

Así pues, esta humilde y restringida grasilla pirenaica de largas hojas, que al igual que muchas otras plantas carnívoras habita sitios muy pobres en nutrientes, es la base de una rica red de interacciones bióticas: no solo mutualismos como la polinización y el posible beneficio de un singular ácaro que solo existe en sus hojas, sino otras interacciones en las que alguien sale perdiendo: la carnivoría ejercida por la planta y la cleptobiosis ejercida por las hormigas sobre sus presas. El declive o desaparición

ción de esta planta catalogada supondrá la pérdida de otro importante tipo de diversidad en un delicado e irrepetible microcosmos: la de una nutrida y exclusiva red de interacciones generadas durante millones de años de evolución.

La siguiente historia tiene que ver con una planta catalogada por el CEEA como «vulnerable», por vivir exclusivamente en un valle del Pirineo aragonés: *Petrocoptis pseudoviscosa* (Caryophyllaceae).

No dejará nunca de sorprendernos el hecho de que existan organismos tan bien adaptados a vivir en los sitios más pobres de la tierra

Al igual que la anterior, se trata de una planta rupícola, mayoritariamente inaccesible. *P. pseudoviscosa* se distribuye en cinco poblaciones de muy distintos tamaños: desde apenas un centenar hasta decenas de miles. Esta situación nos permitía testar la generalizada idea de que las poblaciones pequeñas son más proclives a la extinción que las grandes. Con este fin se monitorizaron cientos de plantas de forma individual en tres poblaciones, lo que permitió es-

timar las tasas vitales características de cada una de ellas (supervivencia, crecimiento, fecundidad...), integrarlas en modelos estocásticos matriciales y evaluar el riesgo de extinción a 100 años vista mediante los clásicos Análisis de Viabilidad Poblacional (Figura 3).

La población que resultó ser más estable, y por tanto con menor riesgo de extinción, no fue ni la más grande ni la más pequeña. A esta conclusión no hubiéramos llegado de haber manejado datos aislados de su estructura poblacional (la que menor ratio presentaba de plántulas respecto a reproductores, lo que podría llevarnos a considerarla senescente), germinación de semillas (la más baja) y depredación de frutos (la más alta). Solo la combinación integradora de todas las tasas del ciclo vital nos permite caracterizar el funcionamiento actual y realizar predicciones futuras sobre datos empíricos reales. La clave para entender en este caso el diferente comportamiento poblacional se encuentra en la edad media de los adultos de mayor tamaño, que varió entre 18 y 50 años. Estudios adicionales demostraron también que la especie no solo es autocompatible (puede formar semillas a partir del propio polen), sino que las semillas generadas por dicho mecanis-



Figura 1. Aspecto de las cuatro plantas tratadas (de izquierda a derecha y de arriba abajo): *Pinguicula longifolia* subsp. *longifolia*, *Petrocoptis pseudoviscosa*, *Cypripedium calceolus* y *Borderea chouardii*. / Foto cedida por la autora.



Figura 2. Una presa capturada por las hojas de *Pinguicula longifolia* subsp. *longifolia*. La flecha muestra la posición de dos ácaros (*Oribatula tibialis*) alimentándose de la presa una vez digeridos los nutrientes por las hojas. / Foto cedida por la autora.

mo germinan igual que bien que las obtenidas por cruces alógamos. Esta posibilidad sin duda confiere gran autonomía a plantas que viven en «islas ecológicas», donde es necesario desarrollar mecanismos para asegurar la permanencia de individuos tras la colonización en nuevos enclaves.

Dejamos por un momento los hábitats rocosos pa-

ra situarnos en los ricos pastos y las orlas de bosque del Pirineo central, donde se encuentran cuatro poblaciones de *Cypripedium calceolus*, una bella orquídea conocida como «zapatito de dama» o «zapatito de venus», presente en numerosos países europeos. Está catalogada como «en peligro de extinción» en el CEEA por encontrar en Pirineos su límite de distribución

SW, y los informes europeos la consideran en grave declive, habiendo desaparecido de algún país comunitario. Su estudio en Pirineos nos permitía testar el paradigma de que las poblaciones periféricas están en peor situación que las centrales. Además nos podía dar una idea de cómo están funcionando más de un centenar de plantas vasculares forestales de afinidades eurosiberianas en límite S absoluto de distribución. Con este objetivo, se siguieron decenas de grupos y cientos de plantas de forma individualizada durante diez años.

Curiosamente, ninguno de los parámetros analizados fue peor en las poblaciones pirenaicas que las centrales: los tamaños poblacionales fueron semejantes, la fructificación media muy superior y la tasa de crecimiento poblacional igual o superior respecto a los datos obtenidos en otros países europeos. Y de nuevo los modelos estocásticos matriciales nos dicen que el riesgo de extinción durante los próximos 100 años es nulo. Las poblaciones pirenaicas periféricas no responden a la expectativa teórica, por lo que cabe preguntarse qué puede estar provocando esta inesperada benigna situación actual cuando sufren el lento calentamiento en el que nos encontramos inmersos en Pirineos. Las imá-

genes retrospectivas más antiguas disponibles de las poblaciones hace 50 años pueden ayudar a entender por qué esta rara planta no se encuentra en peor situación actualmente: tras el paulatino abandono de los usos tradicionales en montaña, los lugares donde crece el zapatito de dama se han ido cubriendo de árboles y arbustos, lo que sin duda ha supuesto un cambio en el microclima de las poblaciones. Mientras que la temperatura media del Pirineo subía, con seguridad aumentaba la frescura en las poblaciones de esta bella orquídea. Un ejemplo de cómo los cambios a nivel local pueden ser mucho más importantes que a nivel global. En la naturaleza no existen procesos buenos ni malos, existen reorganizaciones de la energía y la diversidad, y siempre que alguien pierde también alguien gana. La recuperación de los bosques supone la pérdida de diversidad acumulada en pastos, pero también la estabilidad de suelos, el almacenamiento de recursos hídricos y biomasa, y la mejora de las condiciones para todas las especies asociadas a ellos.

Volvamos de nuevo al duro hábitat rocoso para perdernos en una de las historias más fascinantes de las plantas, la de *Borderea chouardii* (Dioscoreaceae). Este pequeño geófito dioico, un fósil viviente del

Terciario, fue descubierto en los años 50 y vive exclusivamente en las grietas calizas de un escarpado lugar del Pirineo aragonés. Está catalogada como «en peligro de extinción», según el CEAA, y como planta prioritaria, según la Directiva Hábitats de la Unión Europea (1992), habiendo sido objeto del primer Plan de Recuperación oficialmente promulgado en nuestro país (1994). Desde entonces, y superando su inaccesibilidad gracias a la instalación de andamios y el trabajo en lugares poco cómodos, cientos de plantas han sido monitorizadas de forma individual, lo que ha permitido descubrir los singulares secretos de la reproducción y la dinámica de esta singular especie. Al igual que en el caso de *P. pseudoviscosa* y *C. calceolus*, la mayor parte de los estudios realizados se iniciaron gracias a un proyecto LIFE obtenido en 1996 por el Gobierno de Aragón, quien ha continuado apoyando esta línea de trabajo hasta la actualidad.

La primera estimación visual que se realizó de esta población arrojaba una cifra de entre 300-500 plantas, cifra que se ha visto incrementada hasta 9.000 gracias a búsquedas con binoculares y catalejos, y a censos más precisos en su inaccesible reino. Además, durante este tiempo se ha podido reforzar la población con

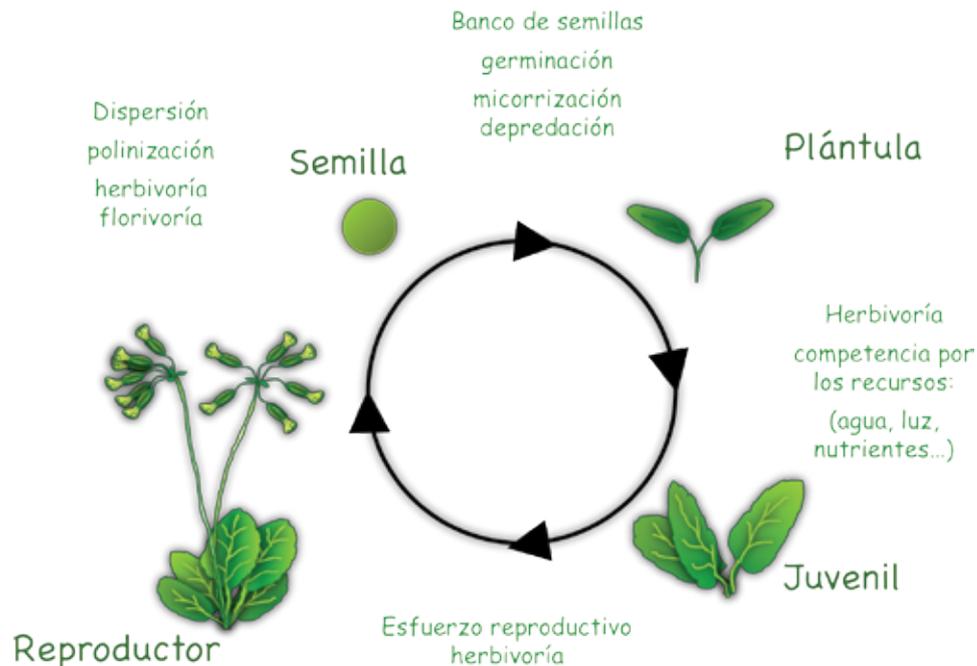


Figura 3. Representación esquemática del ciclo de vida genérico de una planta, mostrando la transición entre clases de tamaño y los variados factores que pueden intervenir. Este tipo de información constituye la base para el análisis de viabilidad poblacional.

*En la naturaleza
no existen
procesos buenos
ni malos, existen
reorganizaciones
de la energía y la
diversidad*

la siembra de semillas en grietas y la fundación de varias nuevas pequeñas poblaciones, en alguna de las cuales empiezan a aparecer individuos reproductores.

La primera sorpresa que nos concedió esta planta fue poder determinar su edad, pues al igual que su congénere *B. pyrenaica* tiene la peculiaridad de que el tallo anual deja una pequeña cicatriz en la parte externa del tubérculo. Gracias a que los tubérculos muertos quedan atrapados en las grie-

tas fue posible determinar en ellos la edad de un puñado de plantas, con la sorpresa de que superaban los 300 años de edad. Dado el pequeño tamaño de los tubérculos, y que carece de reproducción vegetativa, es muy posible que nos encontremos ante la planta de crecimiento más lento en todo el mundo (Figura 4).

La siguiente sorpresa apareció con el estudio de su dinámica poblacional: sabíamos que había muy pocas plantas de pequeño tamaño en la po-

blación, por lo que temíamos que se tratase de una población muy envejecida en pleno declive. Los modelos matriciales de dinámica poblacional, sin embargo, nos repiten año tras año que la población no puede considerarse en retroceso sino en estabilidad, proyectándonos un futuro muy similar al actual en los próximos 500 años. Para una planta que se ha originado hace millones de años y que ha sobrevivido a las glaciaciones, nuestros 17 años de monitorización no constituyen sino unos segundos de su larga historia evolutiva, por lo que hemos de admitir humildemente que a pesar de que es una de las plantas de las que hemos obtenido una serie temporal de datos detallados más largos en todo el mundo, en realidad puede no ser suficiente todavía como para conocer bien su realidad.

La tercera sorpresa que nos reveló esta singular planta fue la de su sistema reproductivo. Desde el inicio del seguimiento ecológico observamos que con frecuencia las escasas plántulas nuevas registradas en la pared rocosa en cada censo anual estaban aisladas y alejadas de la planta madre potencial más próxima, a pesar de que esta especie utiliza el típico mecanismo de muchas plantas rupícolas para su dispersión: el giro de la flor recién fecunda-

da para introducir el ovario en una grieta próxima, donde desarrolla las semillas que quedan allí liberadas al secarse el fruto. ¿Cómo habían llegado las semillas a esos recónditos lugares? Un paciente estudio de varios años en su hábitat, donde parece que nunca ocurre nada, nos desveló que son las hormigas quienes polinizan sus flores y dispersan sus semillas. Dos géneros distintos de formícidos intervienen en

Hemos aprendido de ellas que ser raro no es equivalente a estar amenazado, es solo una forma más de vivir

el necesario proceso de la reproducción sexual para poder mantener la población, a pesar de que las hormigas han sido consideradas generalmente como ladrones de néctar en lugar de efectivos polinizadores, y existen apenas un par de ejemplos en el mundo certificando su papel como dobles mutualistas (polinizadores y dispersantes). La fundación de nuevas poblaciones, por tanto, debe considerar la existencia de hormigas capaces de mover polen y semillas para asegurar el futuro éxito de esta especie.

Los secretos que hemos arrancado a estas cuatro plantas «amenazadas» son solo una muestra de los muchos que todavía quedan por desvelar entre las plantas raras de las montañas. No dejará nunca de sorprendernos el hecho de que existan organismos tan bien adaptados a vivir en los sitios más pobres de la tierra, como son las grietas de paredes rocosas, donde además mantienen poblaciones estables. Hemos aprendido de ellas que ser raro no es equivalente a estar amenazado, es solo una forma más de vivir. Mientras nosotros discutimos sobre su situación de peligro, seguramente ellas, más duras que las propias piedras en las que viven, nos observan con extrañeza desde su atalaya... ■



Figura 4. Tubérculo de *Borderea chouardii* de más de 200 años de edad. Los puntos rojos muestran algunas de las cicatrices que dejaron los tallos anuales. / Foto cedida por la autora.

04

**Banco Santander.
Un compromiso con
el medio ambiente**



Banco Santander, al natural

Banco Santander une su historia a la de las comunidades a las que sirve. Busca contribuir al progreso económico y social, entre otras, con actividades para proteger, conservar y recuperar el medio ambiente.

División Global Santander Universidades

La biodiversidad en el universo Santander

El banco aplica en su actividad una política social y ambiental inspirada en las mejores prácticas, las que se recogen en convenciones, protocolos, códigos de conducta y guías internacionalmente aplicables en esta materia, promovidas por organismos de la relevancia de Naciones Unidas, la OCDE, etc.

De hecho, son muchos los compromisos internacionales en materia ambiental asumidos por Banco Santander, entre los que destacan los Principios del Ecuador, Iniciativa Financiera del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Carbon Disclosure Project, Banking Environment Initiative y Mesa

Redonda sobre Soja Responsable. El banco ha contribuido de igual manera a la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible Río+20, que tuvo lugar en junio de 2012 en Río de Janeiro (Brasil).

A estas directrices mundialmente reconocidas se unen otras líneas de acción específicas, que el banco aplica en su actividad financiera, principalmente relacionada con los sectores de defensa, energía, agua y forestal. El trabajo bancario no es, por tanto, ajeno a la preservación del medio ambiente.

En este capítulo se incluye, por ejemplo, el análisis de riesgo social y ambiental que acompaña a las operaciones de crédito

y a la toma de decisiones en operaciones de financiación. Banco Santander impulsa asimismo soluciones financieras que apuestan por la protección del medio ambiente, como las energías renovables y la eficiencia energética.

Por otra parte, la importancia de la biodiversidad, grabada a fuego en la conciencia del banco, lleva a un control exhaustivo de los consumos y emisiones de las instalaciones del grupo financiero en todo el mundo. Mención aparte requiere la Ciudad Grupo Santander, sede principal del banco emplazada en plena naturaleza, en Boadilla del Monte, que se ideó teniendo muy en cuenta la necesidad de mantener y mejorar el entorno natural.

La Ciudad Grupo Santander, que se alza sobre un terreno de 250 hectáreas —de las que 170 son zonas verdes—, se diseñó para conjugar funcionalidad y respeto al medio ambiente. Su impacto en el entorno es mínimo gracias a su baja tasa de edificabilidad, sus construcciones de poca altura y la ubicación subterránea de sus aparcamientos. Y, en aras de lograr una alta eficiencia energética, la orientación de sus edificios permite aprovechar al máximo dos recursos naturales: la luz y el calor del sol. Una gestión eficaz de los recursos hídricos garantiza igualmente un importante ahorro en el consumo de agua.

Entre los integrantes de la Ciudad Grupo Santander desta-

can en especial sus jardines, con 21.000 árboles de muy diversas especies —olivos, que son el símbolo de la ciudad, alcornoques, robles americanos, chopos, fresnos, álamos y frutales, entre otras— y 1.000.000 de arbustos, plantas tapizantes y aromáticas.

Así, se combinan espacios abiertos, zonas arboladas, zonas de arbusto y lagos, que crean un enclave perfecto para la convivencia de distintas especies animales. Por el momento se han identificado más de 60 especies, que en muchas ocasiones viven en microhábitats naturales conectados entre sí.

Los animales más sensibles a la presencia humana, como las liebres ibéricas, perdices rojas, bisbitas y ejemplares de mosquiteros, se refugian en las zonas de arbusto. En las zonas abiertas se observan, entre otras aves, lavanderas, abubillas, cigüeña blanca, estorninos, avión común y golondrinas. Y las zonas con presencia de estrato arbóreo denso están dominadas por los gorriones, mirlos, jilgueros, ruiseñores, petirrojos, verdicillos, cernicalos, mochuelos reales y milanos negros. Los lagos y cursos de aguas presentan colonias permanentes de avifauna: fochas, gallinetas, porrón moñudo, zampullín común, tarro canelo...

La Ciudad Grupo Santander se diseñó para conjugar funcionalidad y respeto al medio ambiente

Si bien es cierto que la preocupación del banco por el medio ambiente se materializa en el diseño y administración de sus instalaciones, y en su actividad bancaria, no lo es menos que lleva también a la entidad bancaria a participar en proyectos solidarios y medioambientales en los países donde se encuentra.

Es el caso de iniciativas como *Reforestamos México* que, entre otros logros, ha conseguido la siembra de 3,5 hectáreas de árboles en tres años de «Jornadas de Reforestación con Santander». Por su parte, el esfuerzo ambiental más importante en la historia de Puerto Rico, el *Día Internacional de la Limpieza de Costas*, cuenta con el patrocinio de Banco Santander, que organiza además su propio equipo de empleados voluntarios para recoger diferentes tipos de basura dañina para las costas.

En Brasil son reseñables proyectos como el *Fondo Floresta Real*, que comenzó en 2008 y se plantea compensar las emisiones del banco en el país. Más allá de promover la plantación de árboles —en 2011 sumaron 63.000 ejemplares—, se realiza un seguimiento para constatar los beneficios que con el tiempo recibe la comunidad. Otra idea, el *Projeto Corredor Ecológico*, cuenta con Banco Santander Brasil como miembro fundador, y pretende



Ciudad del Grupo Santander. / Foto: cedida por División Global Santander Universidades.

restaurar 150.000 hectáreas de selva tropical de la cuenca del río Paraíba, al Sur de São Paulo.

Codo a codo con la universidad y los investigadores

Entre las actividades de la División Global Santander Universidades, que vertebran la acción social de Banco Santander y le permiten mantener una alianza estable con cerca de 1.020 instituciones académicas en 17 países, destaca el apoyo a la investigación en todos los ámbitos que los científicos consideran de interés, también en materia de medio ambiente.

En este contexto, el banco respalda los Proyectos Cero en Especies Amenazadas que promueve la Fundación General CSIC, y que facilitarán la realización de cinco estudios cuyo objetivo primordial es preservar la biodiversidad. El banco no dudó un solo momento en respaldar las iniciativas elegidas por el jurado, dirigidas por los investigadores Lluís Brotons, del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), Pablo Vargas, del Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC), Annie Marchordom, del Museo de Ciencias Naturales (CSIC), José Antonio Godoy, de la Estación Biológica de Doñana (CSIC), y Jaime Bosch Pérez, del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).



Actividad de la Cátedra Unesco. Colocación de una jaula con peces desde un barco en Cádiz. / Foto: cedida por División Global Santander Universidades.

Otros centros cuentan también con el patrocinio de Banco Santander para sacar adelante sus ideas en este ámbito. Es el caso de la Cátedra UNESCO de Desarrollo Costero Sostenible de la Universidad de Cádiz, y el Instituto de Investigación de Recursos Cinegéticos (IREC), dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Universidad de Castilla-La Mancha y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Jorge Cassinello, dirige el IREC, el único instituto español de investigación que integra de forma equilibrada conocimientos de ecología, sanidad animal y producción animal: «Aspiramos a aportar soluciones que permitan una

actividad agrícola y cinegética sostenible, de tal modo que aseguremos el mantenimiento de la biodiversidad», afirma.

Buena parte de las investigaciones que se llevan a cabo en el IREC abordan algún aspecto relacionado con la conservación de la biodiversidad, e identifican diferentes amenazas. El propio Cassinello dirige un grupo de investigación que intenta conocer el nivel de solapamiento en el comportamiento trófico entre ungulados nativos y exóticos en convivencia, así como los efectos de éstos últimos sobre la vegetación autóctona, pensando en establecer mejores pautas de manejo de las especies de caza mayor.

Otro estudio reseñable, el *Análisis del plumbismo en hu-*

medales protegidos, dirigido por Rafael Mateo, ha logrado que se prohíba el uso de la munición de plomo en los humedales, protegiendo así las especies de aves acuáticas que los habitan.

Se aborda también el estudio de la baja selectividad de jaulas trampa utilizadas para el control de depredadores y la búsqueda de alternativas, así como de los factores que determinan la coexistencia de las comunidades de carnívoros en parques nacionales de ambiente mediterráneo. Estos análisis, realizados por el equipo de Pablo Ferreras, se llevan a cabo en espera de una futura introducción del lince ibérico. Son proyectos que pueden tener importantes repercusiones en la conservación de especies amenazadas, entre las que se encuentran, aparte del lince, el gato montés y la nutria.

Otro estudioso del IREC, Rafael Villafuerte, lleva años estudiando la dinámica del conejo de monte, una pieza clave en el engranaje del ecosistema mediterráneo, para determinar medidas de protección de la especie. Destaca asimismo la línea de investigación dirigida por Pedro Cordero para determinar la diversidad de orópteros de la cuenca del mediterráneo, en particular, en las lagunas hipersalinas, que ha

permitido el descubrimiento de nuevas especies.

Con la finalidad de preservar la biodiversidad, los equipos del IREC dirigidos por Beatriz Arroyo y Javier Viñuela analizan la protección de especies amenazadas en paisajes humanizados, medios agrícolas y cinegéticos. En todo caso, Cassinello explica que *«la mayoría de las actividades humanas llevan consigo un cambio en el equilibrio de los ecosistemas y en gran medida una amenaza, con la pérdida de biodiversidad que ello conlleva. Sin embargo algunas actividades pueden resultar menos dañinas si mantienen su esencia. Este sería el caso de la actividad cinegética, que fundamentada en una caza racional de las especies, respetuosa con el medio, y supliendo de algún modo el papel regulador del depredador, puede resultar tremendamente sostenible e incluso beneficiosa para el medio natural»*.

El IREC lleva a cabo estudios de otra naturaleza, como el análisis genético de la perdiz roja (*Alectoris rufa*). Uno de sus investigadores, José Antonio Dávila ha colaborado en un ambicioso proyecto para determinar los marcadores genéticos que permiten establecer individuos híbridos entre perdiz roja y perdiz chukar (*A. chukar*). Esta metodología resulta par-

El banco respalda los Proyectos Cero en Especies Amenazadas que promueve la Fundación General CSIC

ticularmente interesante para controlar las sueltas de perdiz criadas en granja, o las translocaciones, con la idea de detectar alguna posible hibridación. El estudio se justifica porque las introgresiones de poblaciones de perdiz chukar, más fáciles de mantener y criar, son cada vez más habituales en nuestro país, y los individuos híbridos pueden representar un problema en la naturaleza para los puros, que pueden quedar relegados a hábitats subóptimos, lo que pondría en peligro la supervivencia de la perdiz autóctona a largo plazo.

En la Universidad de Cádiz nació hace ya siete años la Cátedra UNESCO de Desarrollo Costero Sostenible. Esta cátedra, que dirige Ángel del Valls, cuenta desde su génesis con el apoyo del banco, e investiga numerosas amenazas para la biodiversidad, entre las que brillan con luz propia los efectos de vertidos y

actividades antropogénicas en la costa, estuarios y sistemas acuáticos.

Las especies de estos ecosistemas han desarrollado, según cuenta Del Valls, una diferente sensibilidad y capacidad de adaptación, que puede servirles para sobrevivir, o por el contrario, puede hacer que se vean desplazadas ante este tipo de contaminación.

Del Valls declara que *«la sensación que tenemos es que la pérdida de cualquier especie es una catástrofe»*. Su cátedra, que trabaja en ecosistemas acuáticos de Europa, Rusia, Brasil y otras zonas del mundo, realiza actividades de formación, asesoría técnica, investigación aplicada y diseño de nuevos métodos de evaluación, que permiten identificar los riesgos sobre el ecosistema en su conjunto, incluyendo sus especies.

La Fundación Banco Santander, por la recuperación de espacios degradados

Las iniciativas descritas hasta ahora en pos de preservar la biodiversidad se completan con otras realizadas por el banco a través de la Fundación Banco Santander para la recuperación de espacios naturales degradados. Estas actuaciones incluyen labores de mantenimiento a lo largo de varios años, lo que permi-

te garantizar el éxito del proyecto.

Uno de los programas estrella en este ámbito es el iniciado en 2011 para la reintroducción del águila pescadora, en las marismas del Odiel (Huelva). Es un proyecto conjunto entre la Fundación Banco Santander y la Fundación Migres. La situación de esta especie en la cuenca mediterránea es crítica, su población es escasa y muy fragmentada, y no ha crecido en la Península Ibérica desde los años ochenta.

Como parte del proyecto se han traído de Alemania nueve pollos de águila pescadora; se han instalado torres de *hacking* con cuatro nidos artificiales en el Paraje Natural Marismas del Odiel (Huelva); se ha adecuado la vegetación arbustiva del entorno y se han instalado cebaderos y posaderos artificiales para facilitar la alimentación y la localización de otros ejemplares de la especie. El proyecto incluye la instalación de un observatorio/*hide* en las marismas del Odiel que permitirá la visualización a muy corta distancia de la rapaz, sin condicionar su normal comportamiento. Y se ha elaborado un plan de educación y sensibilización ambiental de carácter general para los visitantes del paraje natural y otro específico para los centros escolares de los núcleos urba-



Actividad del Instituto de Investigación de Recursos Cinegéticos (IREC). Toma de muestras de saliva para análisis microbiológicos. / Foto: cedida por División Global Santander Universidades.

nos más próximos a la zona de actuación.

Otro proyecto de la Fundación Banco Santander, en este caso, en colaboración con la Fundación Oso Pardo, se dedica desde 2011 a mejorar el hábitat osoero en entornos mineros degradados del Alto Sil (León). El objetivo principal es restaurar el hábitat del oso pardo en zonas situadas en el núcleo osoero reproductor del Alto Sil (León), para lo que se pretende crear una red de bosquetes formados fundamentalmente por cerezos autóctonos estratégicamente repartidos en diferentes Montes de titularidad pública de los municipios de Villablino, Páramo del Sil y Palacios del Sil. Los bosquetes sumarían una superficie total

de 28,8 hectáreas. Se pretende contribuir así a desarrollar las medidas de conservación y restauración de hábitats contenida, tanto en la Estrategia para la Conservación del Oso Pardo en España, como en el Plan de Recuperación del Oso Pardo de Castilla y León, que recogen la necesidad de fomentar la plantación de terrenos con diferentes especies de plantas productoras de frutos apetecibles por el oso.

Conviene mencionar también, aunque sea brevemente, otros proyectos de la Fundación Banco Santander para recuperar espacios naturales degradados, más antiguos que los mencionados, pero aún en desarrollo. Es el caso de la recuperación de la turbera de

Roñanzas, en Llanes (Asturias), iniciado en 2004 por la Fundación Banco Santander y el Fondo para la Protección de los Animales Salvajes (FA-PAS). Este espacio asturiano, degradado tras años de extracción de turba, se define como un ecosistema muy escaso en España que conserva vegetación de hace más de 15.000 años, lo que lo convierte en uno de los pocos vestigios de flora anterior a la última gran glaciación.

Asimismo se inició en 2005 en Belchite (Zaragoza), un proyecto por iniciativa conjunta entre la Fundación Banco Santander y SEO/BirdLife, para recuperar la Reserva Ornitológica de El Planerón, zona esteparia destacable por sus valores ornitológicos y botánicos, incluida en la Red Natura 2000 y muy afectada en el pasado por problemas de erosión.

También en colaboración con SEO/BirdLife, la Fundación Banco Santander apoya desde 2008 la restauración de la cuenca alta del río Salobre, Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) que se encontraba muy erosionada por continuas inundaciones.

La restauración forestal en el barranco del arroyo del Hocino, en Riba de Saelices (Guadalajara), lugar que albergaba

un sobresaliente bosque de tejos antes de que las llamas lo destruyeran, unió en 2006 a Fundación Banco Santander y WWF España en un proyecto cuyo éxito se ha confirmado en 2011, al comprobar el éxito de la recuperación del resto de especies que convivían con los tejos (quejigos, arces, etc.). A este motivo de alegría se ha unido en este año la plantación de nuevos pies de sabinas y enebros, y la instalación de nuevos comederos para pájaros, en los que se han depositado semillas de especies de la zona de la tejeda con el objetivo de potenciar su dispersión mediante la acción de las aves.

En Andratx, Mallorca, la Fundación Banco Santander mantiene su apoyo para el mantenimiento de la Reserva Biológica de La Trapa, calificada como ZEPA y Lugar de Interés Comunitario (LIC), y ubicada en una zona destacable por su valor natural y etnológico de la sierra de Tramontana, cuya recuperación integral iniciaron Fundación Banco Santander y el Grupo de Ornitología Balear (GOB) en 2008.

En 2009 Fundación Banco Santander y Fundación Global Nature se embarcaron en un proyecto de recuperación y mejora ambiental del entorno del embalse de Talaván, una ZEPA seriamente afectada

tada por la deforestación y el uso intensivo del territorio que se encuentra en la comarca de Cuatro Lugares, en Cáceres. En 2011 los trabajos se han centrado en mantener la reforestación, realizada a partir de la plantación de más de 6.000 ejemplares de vegetación arbustiva y arbórea.

La Fundación Global Nature ha colaborado en otra ocasión con la Fundación Banco Santander en alianza, en este caso, con la Sociedad Ornitológica de Canarias (SOC) y el Cabildo Insular de Tenerife. Juntas, estas institucio-

nes presentaron en 2011 las acciones de restauración ambiental de espacios naturales de la isla incluidos en la Red Natura 2000 iniciadas en 2010 y consistentes en la repoblación de más de diez hectáreas de bosque termófilo, laurisilva y pinar. Con este proyecto se restablecerá la continuidad de la corona forestal en los altos de Arico y Fasnía, perjudicada por la actividad agrícola y la pasada actividad maderera, la recuperación de bosques termófilos y laurisilva en las zonas medias de Icod de Los Vinos y la recuperación en el Parque

Rural de Teno de la laurisilva arrasada por incendios acaecidos en la comarca noroeste de la isla.

En sus inicios se encuentra, por último, un proyecto de la Fundación Banco Santander dedicado a la apicultura como restauración de ecosistemas de montaña. Parte de la premisa de que la desaparición de las abejas supone un serio problema para mantener los ecosistemas, y pretende crear un modelo de trabajo para la restauración ambiental mediante el manejo apícola, y de paso alcanzar otros logros:

apoyar la conservación de especies en peligro, como el oso y el urogallo; producir biodiversidad a través de la actividad agraria; aumentar la productividad de los ecosistemas de montaña (bosques, matorral y pastizales); dinamizar la economía sostenible en zonas de montaña, e implantar una nueva línea de formación profesional, vinculada a la apicultura medioambiental. La iniciativa se desarrollará en los municipios lebaniegos de Camaleño, Vega de Liébana y Pesaguero (Cantabria) entre enero de 2012, cuando ha comenzado, y diciembre de 2013.



Programa para la reintroducción del águila pescadora en las marismas del Odiel (Huelva). / Foto: cedida por División Global Santander Universidades.

Todas estas acciones, brevemente resumidas en estas páginas, son muestra del compromiso de Banco Santander con el medio ambiente, que fue premiado en 2011 con diversos reconocimientos. Considerado como *The Greenest Bank in the World*, por la revista Bloomberg Markets, figura como el primer banco en el ranking *The Best Global Green Brands*, elaborado por Interbrand. Además, Banco Santander Brasil ha sido reconocido como la 17ª empresa del mundo y 5º banco del mundo con mejor gestión ambiental por *Newsweek's 2011 Green Rankings*. Por último, el banco ha aumentado su puntuación en la dimensión ambiental en el índice de sostenibilidad *Dow Jones Sustainability Index*. ■

Tu talento merece una oportunidad

En **Santander Universidades** estamos comprometidos con la educación superior, por eso en 2011 hemos ofrecido más de **21.000 becas** para seguir apoyando la formación y el acceso al mercado laboral.

Infórmate en
www.becas-santander.com

BECAS

 **Santander**
UNIVERSIDADES

EL VALOR
DE LAS IDEAS

www.becas-santander.com

| ENTREVISTA |

José Antonio Villasante

Director General de Banco Santander y Director de la División Global Santander Universidades

«Necesitamos un sistema nacional de ciencia y tecnología avanzado, competitivo y conectado con nuestro tejido productivo»

Banco Santander es miembro del patronato de la Fundación General CSIC y ha apoyado muy activamente a la Fundación desde sus orígenes. ¿Qué aspectos destacaría de esta cooperación?

Lo primero que quiero destacar es nuestro reconocimiento a la extraordinaria labor de los investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el pleno respeto a los planes de la institución y al trabajo de sus grupos de científicos.

Banco Santander colabora institucionalmente con el CSIC

desde hace 12 años. En una primera etapa, hemos respaldado sus programas de asesoramiento y formación de investigadores y doctorandos iberoamericanos mediante cátedras ambulantes en diversos ámbitos del conocimiento. Posteriormente, la colaboración se ha centrado en el apoyo directo a equipos de investigadores que llevan a cabo proyectos sobre ecosistemas o especies en peligro de extinción.

En todo caso, con carácter general, destacaría nues-

José Antonio Villasante expone en esta entrevista la importancia de la ciencia y la investigación para dar respuestas a los distintos desafíos que nos plantea el mundo moderno.

tra voluntad de contribuir a los planes y prioridades que el equipo rector del CSIC establezca en cada momento, sin condicionar las materias o equipos participantes en los proyectos.

La Convocatoria 2010 de Proyectos Cero FGCSIC en Especies amenazadas estuvo respaldada con un millón de euros por parte de Banco Santander. ¿En qué medida el programa de Proyectos Cero FGCSIC resulta atractivo para una entidad como Banco Santander?

En el Santander estamos convencidos de que una sociedad sin ciencia y sin investigación de calidad (básica y aplicada) no está en condiciones para dar respuestas satisfactorias a los distintos desafíos que nos plantea el mundo moderno al conjunto de la humanidad y específicamente a la sociedad española. Necesitamos un sistema nacional de ciencia y tecnología avanzado, competitivo internacionalmente y profundamente conectado con nuestro tejido productivo y nuestro entramado institucional y social.

Ayudar a salvaguardar la biodiversidad de nuestro planeta y medio físico constituye una exigencia ineludible para las sociedades desarrolladas, al margen de las dificultades propias de las crisis coyunturales. El banco se siente retribuido con la satisfacción de los equipos de científicos que impulsan los cinco proyectos Cero y del equipo de gobierno del CSIC sabiendo que nuestro mecenazgo puede ayudar a dotar de mayores recursos a estas líneas de investigación.

¿En qué medida considera que es importante la colaboración público-privada en el desarrollo de la investigación científica?



José Antonio Villasante. Director General de Banco Santander y Director de la División Global Santander Universidades.

Es evidente que la demanda de los recursos financieros necesarios para asegurar una investigación científica competitiva internacionalmente supera, en muchos sectores (sobre todo en el ámbito de la investigación básica), las capacidades fiscales de muchos Estados.

Por otra parte, las empresas han consolidado en las últimas décadas un protagonismo social y económico creciente como agentes fundamentales en la creación de empleo y riqueza. Las empresas son actores movilizados de valores

y energía colectiva, comprometidos con objetivos y proyectos empresariales que van más allá de la aspiración miope de maximizar el beneficio a corto plazo. Deben encarnar y promover por su propio interés proyectos sostenibles en el tiempo. Eso significa, entre otras cosas, un mayor compromiso con los retos que afronta la sociedad y que ésta expresa institucionalmente a través de las políticas y programas públicos.

En definitiva, me parece absolutamente imprescindible

José Antonio Villasante Cerro

Perito Mercantil por la Escuela de Comercio de Santander, licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad de Barcelona y Máster en Estudios Superiores Empresariales por ESADE.

Se incorporó a Banco Santander en 1964, desarrollando una amplia experiencia en diferentes funciones y unidades. Ha sido Director Provincial de Banco Santander en Guipúzcoa, Córdoba, Sevilla y La Rioja. En 1994 fue nombrado Director Territorial de Banco Santander en Madrid.

Consejero Internacional de Universidad y Consejero de OCU. Patrono de las fundaciones: Parque Científico de Madrid, Gregorio Peces-Barba, Complutense, La Mancha, Cantabria, Carlos III, CSIC, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes y del Centro Internacional de Formación Financiera.

Actualmente es Director General de Banco Santander y Director de la División Global Santander Universidades.

la colaboración pública y privada.

La convocatoria de Proyectos Cero 2010 estaba orientada hacia la conservación de las especies amenazadas. ¿Por qué financiar este tipo de proyectos?

Lo he comentado anteriormente. Nuestro criterio de actuación ha sido en todo momento respaldar las prioridades y proyectos del CSIC. Su equipo de gobierno nos transmitió su interés por reforzar estos programas, que quizá pudieran tener un acceso

mas difícil a recursos privados, dado que el objeto de sus investigaciones se encuentra algo más alejado de un posible interés directo de mercado, pero sin embargo son trascendentes para salvaguardar la riqueza biológica de nuestro medio físico. Así lo entendimos y decidimos dar nuestro apoyo a estos cinco equipos científicos. Nos sentimos muy satisfechos por la amplia respuesta que hubo en su día a la convocatoria y por los proyectos en marcha.

La secuenciación del genoma del lince ibérico, la mitigación de enfermedades en poblaciones de anfibios en declive; la investigación de plantas fósiles vivientes, la viabilidad de una lapa en peligro de extinción y las aves esteparias son los proyectos que resultaron seleccionados en la mencionada convocatoria de Proyectos Cero. ¿Cuáles serán, según su criterio, las principales aportaciones de estas investigaciones a la sociedad?

Sinceramente, mis conocimientos científicos son limitados por lo que sólo le puedo decir que confío plenamente en estos equipos. No me cabe la menor duda, por los datos que nos reporta el equipo gestor de la Fundación, sobre el cumplimiento de los hitos establecidos en cada proyecto,

Ayudar a salvaguardar la biodiversidad de nuestro planeta y medio físico constituye una exigencia ineludible para las sociedades desarrolladas

que todos ellos sabrán aprovechar la oportunidad que suponen estos Proyectos Cero para lograr avances significativos en sus diferentes líneas de investigación. Todo el proyecto ha sido gestionado con criterios de transparencia por lo que a su término haremos un cumplido balance de lo logrado.

Banco Santander está comprometido con la I+D y la educación superior a través de numerosas acciones que canaliza a través de División Global Santander Universidades. Díganos, por favor, cuáles de estas acciones le parecen más importantes.

En el Santander estamos convencidos de que la verdadera riqueza de las naciones se encuentra en la calidad de las mentes de sus ciudadanos, en su nivel y calidad de educación, en su capacidad de asimilar los avances científicos y tecnológicos y su creatividad y flexibilidad para saber incorporarlos a la actividad productiva o institucional. Por eso hemos hecho de nuestro compromiso con la educación superior y la ciencia en los países donde estamos presentes una seña de identidad corporativa y una parte de nuestra filosofía y estrategia empresarial.

Hemos dedicado a este compromiso institucional, en el 2011, un mecenazgo global de 120 millones de euros que se ha destinado a financiar miles de proyectos docentes, científicos, tecnológicos, gerenciales, cooperación interuniversitaria, emprendedores, ..., a través de acuerdos bilaterales de colaboración con cerca de 1.020 universidades de 17 países.

Universia; la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes; la red universitaria iberoamericana para la incubación de empresas RedEmprendia; los programas de becas de movilidad internacional (más de 20 mil becas en el último año) y, recientemente, de prácticas profesionales en

pymes pueden ser los más destacados.

Uno de los objetivos de Banco Santander es contribuir al pleno acceso al conocimiento y a una educación superior de calidad, instrumentos para avanzar hacia sociedades abiertas y prósperas. ¿Cuáles son los principales procedimientos que utilizan para lograrlo?

Como comentaba previamente, nuestra colaboración con el mundo universitario se articula mediante convenios de colaboración institucional con los que pretendemos apoyar, con nuestro mecenazgo y soporte institucional y tecnológico, los proyectos que propone la propia institución universitaria o científica. El respeto a la autonomía de cada institución caracteriza nuestra manera de actuar.

De este entramado de relaciones tan diverso han surgido proyectos transversales en los que cooperan varias universidades (es el caso de numerosos programas de intercambio con universidades chinas o norteamericanas, o de proyectos de desarrollo de software especializado de gestión universitaria, como la Oficina de Cooperación Universitaria, OCU). En ocasiones cooperan decenas e incluso cientos de instituciones, como sucede en RedEmprendia o Universia. ■

05

Tribuna



La conservación de especies desde la esfera pública

SONIA CASTAÑEDA

Directora de la Fundación Biodiversidad

La destrucción y fragmentación de los hábitats es una de las principales causas que amenazan la supervivencia de numerosas especies en nuestro planeta, al igual que la muerte directa, la introducción de especies exóticas invasoras, el comercio de especies amenazadas o el cambio climático, todas ellas vinculadas directamente con la mano del hombre.

A pesar de que cada año se descubren nuevas especies, el ritmo de destrucción y pérdida de biodiversidad es mucho mayor y se ha acelerado enormemente en las últimas décadas, haciendo saltar las alarmas en numerosos puntos del planeta. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que elabora un inventario sobre el estado de conservación de las especies a nivel mundial —su conocida Lista Roja—, estima que anualmente se extinguen en la Tierra entre 10.000 y 50.000 especies.

Debido a su situación geográfica y características climáticas, España alberga casi 85.000 especies de fauna y flora —más de la mitad del total de especies europeas— y un 30% de los endemismos localizados en el viejo continente, una riqueza biológica que convierte a nuestro país en vulnerable,



Sonia Castañeda.

en un punto caliente del planeta en cuanto a pérdida de biodiversidad se refiere.

Por esta razón, se requiere una gran responsabilidad en cuanto a su conservación, que recaerá, principalmente, en los poderes públicos, que deben evitar la extinción de las especies amenazadas y decidir cuáles conservar. Evitar la desaparición de especies es un objetivo prioritario, a nivel autonómico, estatal y europeo, y uno de los objetivos del Convenio de Naciones Unidas

sobre Diversidad Biológica, aprobado hace veinte años en la Cumbre de Río (1992).

En España, la Ley del Patrimonio Natural y la Biodiversidad establece la garantía de conservación de especies autóctonas silvestres y señala las medidas necesarias a adoptar por parte de las Comunidades Autónomas, atendiendo preferentemente a la preservación de sus hábitats y estableciendo regímenes específicos de protección para aquellas especies que así lo requieran a través de planes de actuación en sus áreas de distribución.

Esta ley también establece que para que las especies amenazadas sean objeto de medidas activas de conservación deben estar incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, que clasifica aquellos taxones o poblaciones de la biodiversidad amenazada en dos categorías: «en peligro de extinción» y «vulnerable».

Según el informe «Biodiversidad en España. Base de la sostenibilidad ante el cambio global» (2011), elaborado por el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), y que contó con la colaboración de

la Fundación Biodiversidad, la mitad de los planes que se han aprobado y la mitad de las especies para las que han sido adoptados son aves; casi una cuarta parte, mamíferos, y solo seis especies de invertebrados, seis de peces, cuatro anfibios y tres reptiles cuentan con planes de actuación.

El marco orientativo de los Planes de Recuperación y Conservación que han de aprobar las Comunidades Autónomas para las especies catalogadas en esas dos categorías son las Estrategias de Conservación para especies amenazadas, dando prioridad a los taxones con mayor grado de amenaza. La Ley del Patrimonio Natural y la Biodiversidad también establece que estas Estrategias sean aprobadas por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, un órgano de colaboración entre la Administración General del Estado y las Administraciones autonómicas.

Actualmente, existen Estrategias para el águila imperial ibérica, la almeja de río, la focha moruna, la lapa ferrugínea, el lince ibérico, la malvasía cabeciblanca, el oso pardo cantábrico, el oso pardo en los Pirineos, la pardela balear, el quebrantahuesos, el urogallo cantábrico, el urogallo pirenaico y el visón europeo. La Fundación Biodiversidad apoya numerosos proyectos dirigidos a la conservación de especies amenazadas, buen número de las cuales cuentan con Estrategias, como el oso pardo cantábrico, el lince ibérico, el urogallo cantábrico o el quebrantahuesos. La financiación de estas iniciativas se realiza a través de su convocatoria de ayudas o del Programa LIFE+, un instrumento financiero de la Unión Europea que cofinancia proyectos de este tipo.

Por su parte, los programas de cría en cautividad se desarrollan como último re-

curso para garantizar la supervivencia de una especie. La Fundación Biodiversidad apoya la cría en cautividad de especies tan emblemáticas como el lince ibérico y el urogallo cantábrico, que tienen como objetivo alcanzar un buen estado poblacional de estas especies.

En el artículo científico «La conservación de biodiversidad en España: atención científica, construcción social e interés político» (Martín-López, B., Martín-Forés, I., González, J.A., Montes, C. (2011). *Ecosistemas* 20(1):103-113.), se afirma que los factores que subyacen a la priorización de especies en las políticas de conservación son la investigación, la opinión pública, las listas rojas y la legislación vinculante de especies amenazadas.

En el mismo texto se pone de manifiesto que en esta toma de decisiones existe una fuerte correlación entre las especies prioritarias de conservación, aquellas que son objeto de interés científico y las preferidas socialmente, de tal manera que cuando una especie se convierte en objetivo prioritario de conservación pasa directamente a ser objetivo prioritario de investigación, generando así mayor información y cerrando un bucle de realimentación positiva que actúa como una «trampa» en la priorización de especies y en la destinación de fondos para su conservación.

Sin duda alguna, debemos mejorar el conocimiento científico que tenemos sobre las especies con el fin de tomar las decisiones adecuadas. Necesitamos avanzar en taxonomía, conocimiento de la abundancia y distribución de las poblaciones, evaluar correctamente las amenazas y trabajar activa-

mente para reducir los impactos que les afecten negativamente.

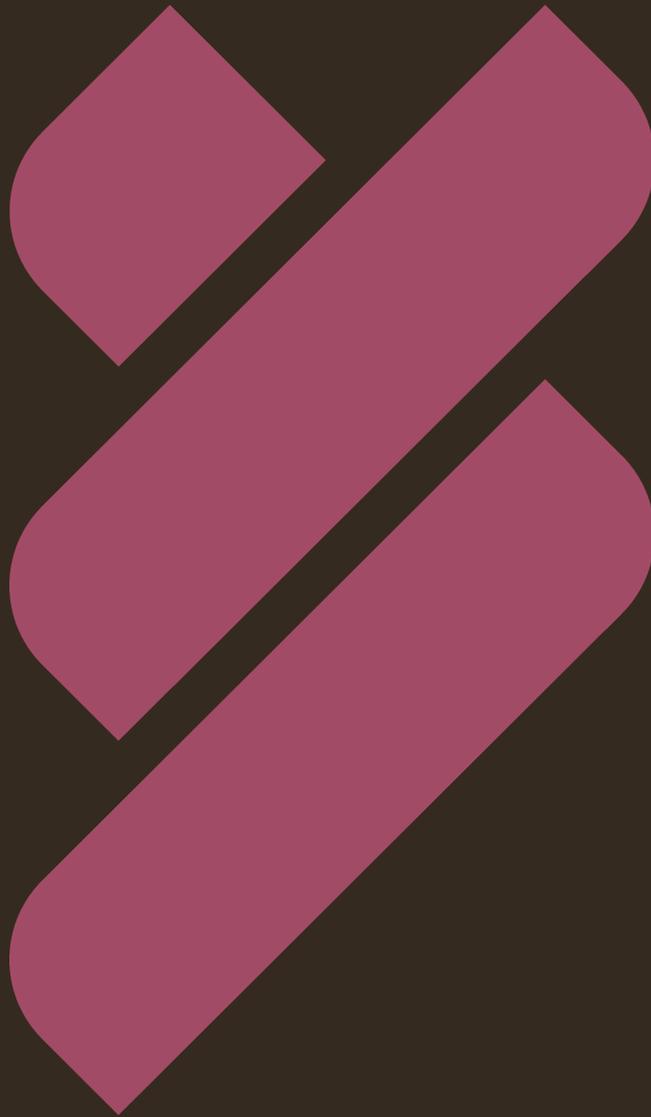
En este sentido, resulta de vital importancia establecer un enfoque ecosistémico a la hora de desarrollar proyectos, promoviendo la conservación y el uso sostenible de los recursos vivos de manera equitativa, porque no solo hay que conservar la especie objeto en sí, sino también su hábitat, con el fin de mantener las interacciones entre las especies y el medio, y asegurando la funcionalidad del ecosistema.

Asimismo, la custodia del territorio se perfila como una potente herramienta, de larga trayectoria, que contribuye a la conservación de especies amenazadas. Apoyar las redes y entidades de custodia que actúan en el territorio nacional es otra de las apuestas de la Fundación Biodiversidad, que para los próximos tres años contempla su aplicación en la conservación del urogallo cantábrico en las Reservas de Biosfera de la Cordillera Cantábrica.

Por último, detener el cambio global, y paliar sus efectos, es el gran reto al que nos enfrentamos desde todos los sectores, tanto desde las Administraciones públicas como desde la sociedad civil. El cambio climático es actualmente la gran amenaza para numerosas especies en peligro. Los datos son relevantes. Se estima que un 13% de la superficie que ocupan 96 especies amenazadas de vertebrados terrestres perderá las condiciones climáticas favorables, lo que probablemente provocará extinciones locales. Establecer medidas y crear programas de adaptación al cambio climático es fundamental en las políticas de conservación de especies, ya que para muchas de ellas significará su extinción. ■

06

Noticias



Nueva página Web: una ventana de ventanas

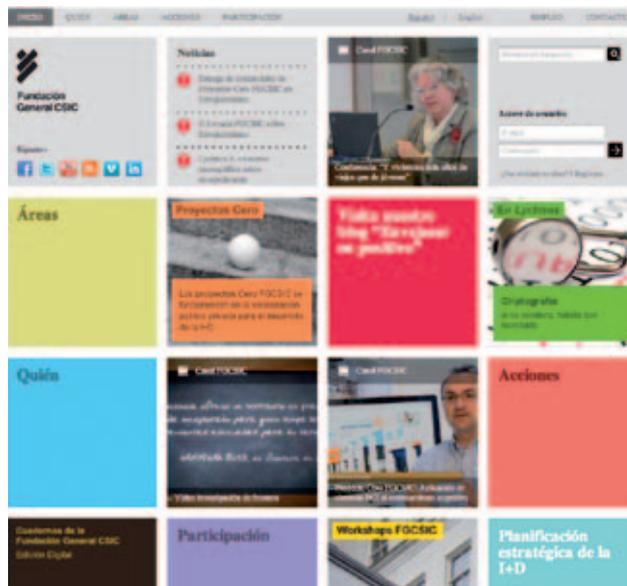
La nueva web de la Fundación General CSIC pretende ser una ventana abierta tanto al mundo de la investigación y la I+D como a la actividad de la propia Fundación.

Partiendo de un rediseño de la página anterior, hemos creado un portal que integra los distintos microsites y recursos de la Fundación General CSIC, ofreciendo

un entorno más amigable y próximo para nuestros usuarios y propiciando una comunicación más fluida.

En la nueva página Web encontraréis información actualizada sobre nuestras actividades, a la que se accede a través de una estructura reticular, muy intuitiva, visual y fácil de usar. Confiamos en que os guste.

www.fgcsic.es



Conferencia de María-Angeles Durán

«Y viviremos más de viejos que de jóvenes»

María-Angeles Durán, profesora de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el marco de la II Jornada FGC-SIC sobre Envejecimiento, celebrada el 25 de abril en la Residencia de Estudiantes de Madrid, reflexionó sobre el significado y las implicaciones que tiene vivir en «una sociedad de viejos» sin haber previsto que la tercera edad es cada vez más larga. El título de su conferencia ya lo anunciaba: «Y viviremos más años de viejos que de jóvenes». En

líneas generales, la ponente destacó la importancia de empezar a investigar sobre las nuevas formas de organización social que la realidad que vivimos nos impone: «No puedes decir a un padre y una madre que tengan hijos para pagar la factura del Alzheimer o no es posible estar en política, investigación u otros quehaceres cuando tenemos que ocuparnos de varios viejos». Según María-Angeles Durán, los viejos constituyen una carga y un problema para el sistema capitalista, un problema



que la economía convencional no puede resolver.

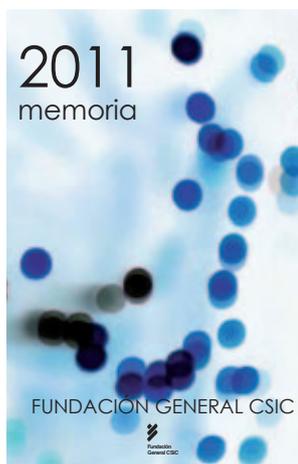
Asimismo, destacó en su disertación que la enfermedad

y la vejez deben ser abordadas con análisis muy distintos de los que se han venido realizando hasta ahora. «Nuestra identidad [la de los mayores] tiene que ser la identidad de un viejo, no me pueden imponer la identidad de un joven, y vivimos en una cultura que nos quiere imponer la identidad de jóvenes cuando a lo que vamos es que nuestra identidad sea de previejos o viejos».

Escucha la conferencia completa en el canal FGCSIC: www.fgcsic.es

Memoria anual

Fundación General CSIC ha publicado su memoria anual, donde se recogen las actividades y proyectos desarrollados en torno a sus líneas de actuación y programas propios, correspondientes al año 2011. Destacar que durante este periodo la Fundación ha consolidado su estructura, así como algunos de los instrumentos necesarios para el desarrollo de su objetivo fundacional: promover la colaboración público-privada de la investigación.



Reunión del Patronato de la Fundación General CSIC

En la sede central del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el 26 de junio de 2012, se celebró la reunión del Patronato de la Fundación General CSIC, en la que los patronos de la Fundación aprobaron las cuentas correspondientes al ejercicio 2011.

Informe de la I+D en energía y automoción

La Fundación General CSIC está en proceso de edición del Informe de la I+D en Energía y automoción, elaborado por su Unidad de Análisis.



Conferencia de Ana Martínez Gil

«El CSIC ante el reto del Alzheimer: *tideglusib*, un fármaco en desarrollo clínico avanzado»

La intervención de Ana Martínez Gil, profesora de investigación del Instituto de Química Médica del CSIC, durante la II Jornada FGCSIC sobre Envejecimiento, celebrada el 25 de abril en la Residencia de Estudiantes de Madrid, versó sobre «El CSIC ante el reto del Alzheimer: *tideglusib*, un fármaco en desarrollo clínico avanzado».

Para el año 2050 se estima que la edad media de la población será de 110 años y se contabilizarán más de 80 millones de



enfermos de Alzheimer, por lo que, según la ponente, nos encontramos ante la epidemia del siglo XXI, si no encontramos un tratamiento eficaz.

En este escenario, la comunidad científica busca un fármaco que una vez iniciado su administración ralentice o pare la muerte neuronal, ya que en la actualidad estos son temporales. Otro hecho destacable, apuntó Ana Martínez, es que si los fármacos nacen en la academia, estos y crecen y se desarrollan en la industria. Y esa colaboración público-privada entre el CSIC y Noscira es lo que ha permitido el desarrollo del *tideglusib*, un fármaco que ha curado el Alzheimer en ratones, es tolerable en huma-

nos y la tendencia observada en la fase 1 es la mejora cognitiva de los pacientes tratados.

La ponente finalizó su disertación apuntando que el *tideglusib* es uno de los medicamentos a día de hoy más prometedores para tratar el Alzheimer y que los resultados, correspondientes a la fase 2, estarán disponibles a finales de 2012.

Escucha la conferencia completa en el canal FGCSIC: www.fgcsic.es



Enter

FUNDACIÓN RAMÓN ARECES

Compartimos el Conocimiento

Visítanos en
fundacionareces.es
fundacionareces.tv

y síguenos en

[flickr](#) [slideshare](#) [YouTube](#) [f](#)



Fundación General CSIC

