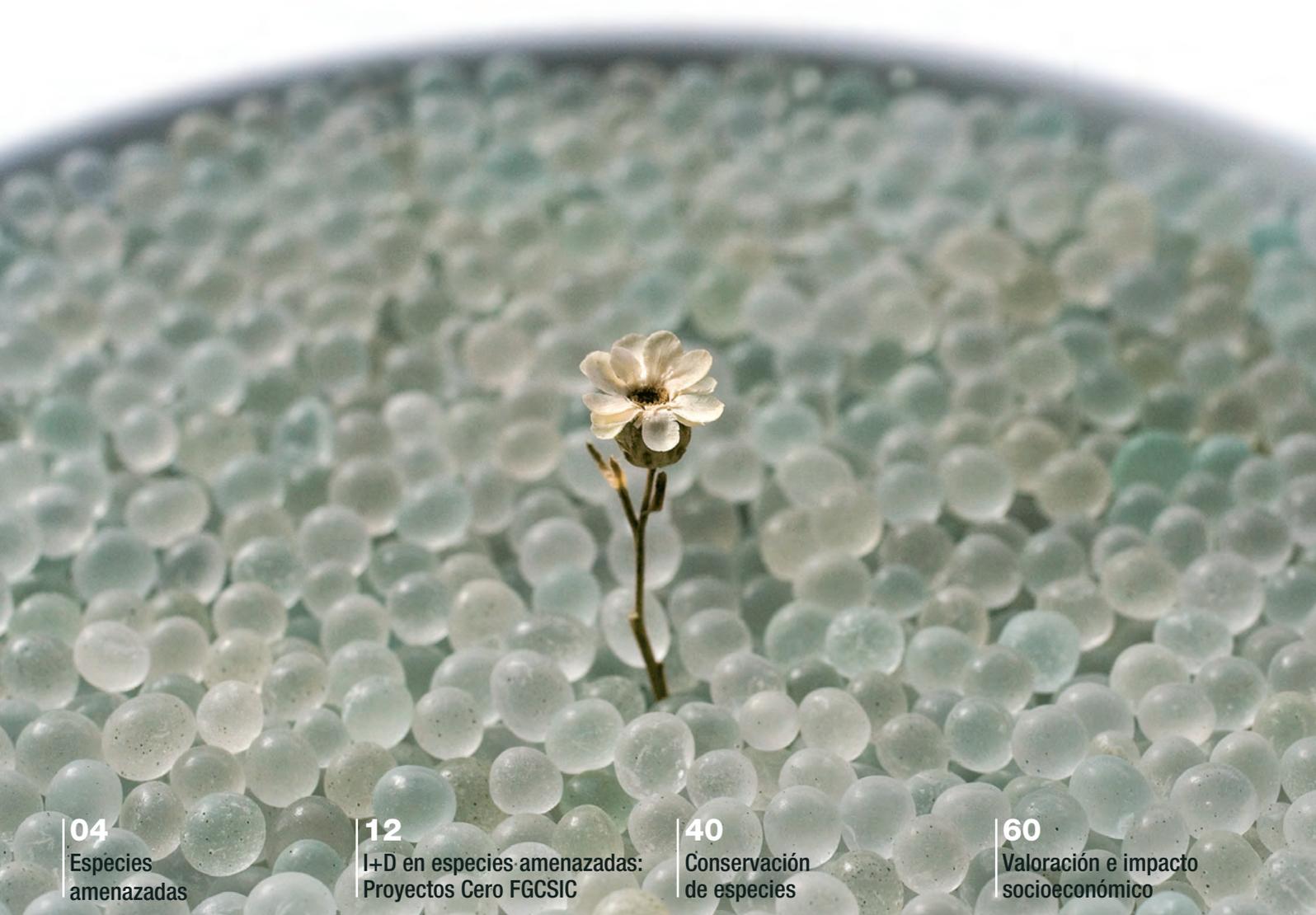


LYCHNOS

Cuadernos de la Fundación General CSIC / N°3 / Diciembre 2010 / Publicación trimestral / Precio: 9 euros |||||



04

Especies
amenazadas

12

I+D en especies amenazadas:
Proyectos Cero FGCSIC

40

Conservación
de especies

60

Valoración e impacto
socioeconómico

LYCHNOS

Cuadernos de la Fundación General CSIC

Nº3 DICIEMBRE 2010

Dirección

Reyes Sequera

Edición

Sira Laguna

Dirección de arte

Comando Quattro

Maquetación

Comando Quattro

Ilustración

Lola Gómez

Edita

Fundación
General CSIC

Presidente

Rafael Rodrigo Montero

Director General

Javier Rey Campos

Dirección postal

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

www.fgcsic.es

© Fundación General CSIC, 2010.

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

ÍNDICE

LYCHNOS Nº 3 DICIEMBRE 2010

01	Especies amenazadas, una introducción	4
	Especies amenazadas. Enrique Macpherson	6
02	La I+D en especies amenazadas: Proyectos Cero de la FGCSIC	12
	02.1 La genómica y la conservación del lince ibérico. José A. Godoy	14
	02.2 Estudio de las plantas amenazadas en España. ¿Hay fósiles vivientes aún desconocidos? Pablo Vargas	19
	02.3 ¿Cómo vencer al enemigo invisible de los anfibios? Jaime Bosch	24
	02.4 “Un paso adelante”. Compatibilizando la viabilidad económica agrícola con la conservación de aves amenazadas. L. Brotons, G. Bota, D. Giralt, B. Arroyo, F. Mougeot, C. Cantero y L. Viladomiu	29
	02.5 La lapa <i>Patella ferruginea</i> : un invertebrado marino en peligro de extinción. José Templado y Javier Guallart	34
03	Con el objetivo de la conservación	40
	03.1 El papel de un banco de germoplasma y tejidos en la conservación de especies amenazadas. Eduardo Roldán y Montserrat Gomendio	42
	03.2 Los programas de cría en cautividad: una herramienta necesaria para la conservación de especies amenazadas. Eulalia Moreno Mañas	48
	03.3 Entrevista a Miguel Ángel Valladares	55
04	Consideraciones socioeconómicas asociadas a la conservación	60
	04.1 Las especies amenazadas, su estudio y gestión: una visión desde la biología de la conservación. Daniel Oro	62
	04.2 Los costes socioeconómicos asociados a la pérdida de biodiversidad. Erik Gómez-Baggethun y Berta Martín-López.....	68
	04.3 Entrevista a Cristina Narbona	75
05	Tribuna	80
	La última oportunidad. Javier Gregori	82
06	Noticias	84

01

**Especies
amenazadas,
una introducción**



Especies amenazadas

Los efectos de la acción humana en su entorno son numerosos y conocidos. El ritmo de destrucción de la cubierta vegetal es de alrededor de 200.000 km² al año. Esto supone que se han destruido en los últimos 50 años más de la mitad de los bosques tropicales. Según el autor, en solo medio siglo hemos acabado con el producto de entre 50 y 100 millones de años de evolución.

Enrique Macpherson

Centro de Estudios Avanzados de Blanes, CSIC

Imagínense un campo de cultivo en el que siete veces al año se cosecha lo que se produce. Pero en este campo no se abona ni se siembra nada. ¿Ridículo? Es lo que hacemos en el mar desde hace años. Cada metro cuadrado de la plataforma continental de nuestros mares es arado siete veces de media al año. Cualquier agricultor diría que no es rentable, que es una barbaridad y que empobreceríamos el lugar sin remisión. No decimos lo mismo en el caso del mar. Este ejemplo es uno de los muchos que servirían para mostrar lo que estamos ha-

Nuestra sociedad sigue teniendo una visión simplista de lo que ocurre con nuestros ecosistemas. Aunque esta visión está cambiando rápidamente, falta mucho camino por recorrer

ciendo con nuestro planeta: pensar muy poco en el efecto de nuestras acciones y al final destruirlo. Esto es algo tan catastrofista como que un oncólogo diagnostique un cáncer, pero a él no le llamarán alarmista o cosas peores. Nuestra sociedad sigue teniendo una visión simplista de lo que ocurre con nuestros ecosistemas. Aunque esta visión está cambiando rápidamente, falta mucho camino por recorrer.

Los ejemplos sobre el efecto del hombre en su entorno son numerosos y conocidos. El ritmo de destrucción de la

cubierta vegetal es de alrededor de 200.000 km² al año, y ha ido en aumento desde entonces hasta ahora. Esto supone que se han destruido en los últimos 50 años más de la mitad de los bosques tropicales. Pensemos que en medio siglo hemos acabado con el producto de entre 50 y 100 millones de años de evolución.

La causa última de los problemas ambientales es la gran cantidad de población humana que habitaba la Tierra. Antes de la expansión de la agricultura y de la ganadería, hace unos 10.000 años, se estima



La relación entre caza abusiva y extinción de especies está bien documentada. En el caso del mar, establecer esta relación es mucho más compleja. / Foto: Enrique Ballesteros.

que vivían en el mundo unos cinco millones de personas. Al comienzo de la era cristiana, hace dos milenios, había ya alrededor de 300 millones de personas, que ascendieron a 500 millones a mediados del siglo XVII. En el XVIII la población mundial alcanzó los 800 millones de habitantes, para llegar a los 1.000 millones antes de la mitad del siglo siguiente. Curiosamente, en Europa este aumento lo permitió la fácil disponibilidad de alimento, básicamente el bacalao de Terranova, cuyos stocks están actualmente colapsados. A partir de estas fe-

chas el ritmo de crecimiento se disparó: había 2.000 millones de personas en 1930, 4.000 millones en 1975, 5.000 millones en 1987 y cerca de 6.000 millones en la actualidad. Aún cuando la tasa de crecimiento de la población se ha reducido un poco en los últimos tiempos, podría haber 8.100 millones de hombres en el año 2020, y 10.000 millones en el año 2100. En toda la historia de la Tierra ninguna especie se ha acercado ni remotamente a esta biomasa.

Necesidades energéticas

A estas cifras hay que añadir

una segunda parte, debido a que el hombre no solo es una especie muy numerosa, sino que es capaz de ejercer sobre su entorno un efecto que no consigue ninguna otra especie animal o vegetal. Este impacto es consecuencia del desarrollo tecnológico y obviamente varía mucho de un país a otro e incluso de unos individuos a otros, dependiendo de su poder adquisitivo y de su acceso a los recursos y a los medios de transformación de los mismos. La mayoría de las especies cubren sus necesidades energéticas exclusivamente a través del consumo

de alimentos y, en consecuencia, la demanda total es directamente proporcional al tamaño de población. En el caso del hombre no ocurre así, pues la energía absorbida en forma de alimentos representa sólo el 12% de la energía total consumida, que incluye también la que gastamos en calefacción, transporte, vivienda, industria, etc. Esta energía no alimentaria procede en parte de los ecosistemas actuales (por ejemplo, la madera), y en mayor proporción de los ecosistemas fósiles (petróleo, hulla). El uso de los combustibles fósiles se debe sobre to-

do a su bajo precio. Sin embargo, si este precio incluyera los costes marginales derivados del daño que causan a la biosfera y del agotamiento de los recursos, probablemente el consumo se orientaría hacia energías alternativas más conservacionistas.

La principal consecuencia del gran número de población humana, y del uso abusivo de los recursos, es que nuestra especie consume entre el 30% y el 40% de la producción primaria del planeta. Una situación insostenible para cualquier ecosistema y que conlleva irremisiblemente la disminución o desaparición de muchas otras especies. Existe un gran número de estudios y artículos científicos que muestran el desastre al que estamos abocados si no corregimos esta tendencia. Afortunadamente, en los últimos años, algunos sectores de la sociedad están empezando a tomar conciencia de la situación. Esta conciencia debería ser fácil de conseguir observando nuestros ecosistemas terrestres, donde los efectos de la acción del hombre, como los incendios forestales o el urbanismo desmesurado, dejan una huella visible y sobre todo transmisible por los medios informativos. Sin embargo, nuestra conciencia es bastante más laxa cuando analizamos lo que ocurre bajo la superficie del mar, de lo que solo percibi-

La mayoría de las especies cubren sus necesidades energéticas exclusivamente a través del consumo de alimentos y, en consecuencia, la demanda total es directamente proporcional al tamaño de población. En el caso del hombre no es así

mos con facilidad aquello que ocurre en los primeros metros de nuestras playas.

Nuestra especie es una anomalía evolutiva debido a una inteligencia que no poseen las demás, pero da la sensación de que existe una ley de la evolución para que la inteligencia acabe por extinguirse a sí misma. Somos egoístas e incapaces de ver más allá de una o dos generaciones, a pesar de basar nuestros valores en nuestros seres queridos y en su descendencia. Se suele decir que debemos aumentar nuestra población, que ello es bueno para la economía. Sin dicho crecimiento no hay pensiones, no hay consumo, no hay, en definitiva, todo a lo que nos hemos acostumbrado en los últimos años. Sin embargo, ello implica un incremento del consumo de nuestros recursos naturales, cuya duplicación a intervalos de tiempo constantes puede conducirnos al desastre a una velocidad insospechada.

En 1883, el entonces presidente de la Royal Society de Londres, Thomas Huxley, declaró que las pesquerías de bacalao, arenque y, en general, de la mayoría de las especies marinas eran inextinguibles y que nada ni nadie podría afectarlas seriamente. Desde entonces esta perspectiva ha cambiado drásticamente y so-

mos conscientes de que más del 65% de las pesquerías están actualmente sobreexplotadas o muy explotadas y de que dentro de 50 años la explotación pesquera, tal y como la conocemos, habrá casi desaparecido. Los caladeros de bacalao de Terranova, que contenían millones de toneladas, están bajo moratoria incluso varios años después de la implantación de fuertes medidas de protección. Una catástrofe impensable hace tan solo 100 años, con unas consecuencias económicas y sociales enormes. Ninguna familia de pescadores, que lleve generaciones viviendo de la pesca, puede creerlo. ¿Qué está pasando? ¿Cómo es posible un desastre de tal magnitud? Uno de los mejores ecólogos de la historia, E. O. Wilson, cuenta siempre un ejemplo: "Imaginen un estanque de nenúfares. Al principio sólo hay una hoja de nenúfar en el estanque, pero al día siguiente se ha doblado y ya hay dos, al día siguiente ya hay cuatro y este proceso se repite hasta que el estanque queda cubierto de hojas de nenúfar en 30 días. ¿Cuándo está medio lleno? La respuesta es el día 29. Y este es nuestro riesgo".

Bosques tropicales

Nuestro riesgo solo se minimizará a través del conocimiento y de su trasmisión hacia la



¿Cómo debía ser el Mediterráneo donde se daba caza a las focas cuando llegaban a comer en los viñedos próximos al litoral? / Foto: Enrique Ballesteros.

sociedad. No olvidemos que muchos de los cambios que ocasionamos son irreversibles, pero nos cuesta reconocer que algo hacemos mal. Nos escondemos en una huída hedonista de nuestra realidad y no queremos aceptar nuestro desconocimiento o nuestra insensibilidad. Sirvan un par de ejemplos muy simples. Muchas, demasiadas personas creen que en una

selva todo crece deprisa, sin problemas, en un mundo *waltdisneyiano* de vegetación exuberante. Ello nos transmite que deforestar no es un problema pues se soluciona enseguida tras un poco de lluvia y plantando nuevos árboles. La realidad es muy otra. Gran parte de los suelos tropicales son extremadamente pobres pues tras unas condiciones de lluvia continua y abundan-

te la roca madre se ha ido lavando y los nutrientes están completamente incorporados a la vegetación. Las plantas, cuando mueren, son rápidamente transformadas por hongos y bacterias y los nutrientes vuelven a ser asimilados por la vegetación. El resultado nos lleva a un camino sin retorno pues si eliminamos árboles y arbustos solo nos queda el suelo estéril de muy difícil

recuperación. Otro ejemplo que durante algunos años ha llevado a una lucha política estúpida y de muy poco nivel científico: la creencia de que el agua de los ríos se pierde al llegar al mar. ¿Alguien se ha preguntado qué llevan haciendo los ríos desde hace millones de años? ¿Quién es el encargado de llevar nutrientes al plancton? ¿Por qué los estuarios de nuestros ríos son las

Enrique MacPherson

Doctor en Biología por la Universitat de Barcelona (1977), con más de 130 publicaciones, 70 de ellas recogidas en el Science Citation Index (SCI), ha colaborado en 20 proyectos nacionales e internacionales. Pertenece al comité editorial de las siguientes revistas: *Aquatic Sciences*, *Crustaceana*, *Fisheries Research* y *Scientia Marina*, todas ellas incluidas en el Science Citation Index (SCI).

Profesor de Investigación del CSIC en el Departamento de Ecología Marina del Centro de Estudios Avanzados de Blanes (Gerona). Su área de investigación es la Ecología Marina Bentónica, con especial relevancia a la ecología de peces litorales y taxonomía de crustáceos.

zonas más importantes de cría de nuestras costas? Sin esas aguas, sin los estuarios, sin esos nutrientes, que transportan las aguas fluviales, los vegetales marinos (incluido el fitoplancton) verían muy mermada su abundancia, pues no tienen raíces para tomar los nutrientes del suelo. Sólo los pueden asimilar si están en suspensión. Sin los ríos nuestros mares serían muy distintos y sobre todo serían muy, muy pobres.

La sobreexplotación

La evolución no sustituirá la actual pérdida de especies. La velocidad a que estamos perdiendo las especies es miles de veces más rápida que la que tiene la naturaleza para producir nuevas especies. Debemos ser conscientes de que estamos sometiendo al planeta a un estrés considerable, que ya se han extinguido un gran número de especies. Sin duda, antes de que los humanos dejaran de ser cazadores-recolectores y modificaran el paisaje como consecuencia de la puesta en marcha de prácticas agrícolas y ganaderas, la sobreexplotación de las poblaciones objeto de caza era la principal causa de extinción de especies. En cualquier ecosistema, sobreexplotar es simplemente matar más individuos de los que pueden incorporarse a la población a través de la reproducción. Y eso fue probablemente lo que ocurrió

La principal consecuencia del gran número de población humana, y del uso abusivo de los recursos, es que nuestra especie consume entre el 30% y el 40% de la producción primaria del planeta

cuando los primeros hombres llegaron a algunas áreas donde la fauna no estaba preparada para soportar altos niveles de depredación.

El hombre llegó a América desde Asia hace poco más de diez mil años y dicha llegada coincide con la desaparición de aproximadamente el 75% de los géneros de grandes mamíferos de Norteamérica y el 80% de los de Sudamérica. Lo mismo ocurrió en Australia, donde el hombre llegó hace unos cincuenta mil años, y los registros paleontológicos sugieren que en los milenios posteriores casi todos los grandes mamíferos, las serpientes, lagartos gigantes, así como muchas de las aves no voladoras de aquel continente insular se extinguieron. En España, los mamíferos endémicos de las Islas Baleares (un carnero salvaje, una musaraña tan grande como un conejo, etc.) fueron exterminados al poco tiempo de que el hombre poblara las Islas.

Ya en épocas históricas, la relación entre caza abusiva y extinción de especies está bien documentada. Se poseen los datos más completos para las especies terrestres. En el mar esta documentación es mucho más complicada. ¿Quién no ha temido encontrarse con un gran tiburón en el mar? La realidad es que es tan difícil

encontrarse con un tiburón en el Mediterráneo como encontrarse un lince en un pinar en el sur de España. Los peces que pescaban nuestros padres y abuelos siempre fueron de mayor tamaño, y aún mayores debieron ser los que pescaban nuestros tatarabuelos. A finales del siglo XIX, cuando empezaron a ponerse de moda los baños de mar, en las playas de Barcelona durante algunos veranos muchos bañistas dejaron de meterse en el agua porque había muchos tiburones. Los primeros exploradores españoles del Caribe encontraron ecosistemas marinos muy diferentes.

En el segundo viaje de Colón en dos días de pesca capturaron más de cuatro mil meros. Hoy su pesca está prohibida en muchos lugares. ¿Cómo debía ser el Mediterráneo donde las focas eran cazadas cuando llegaban a comer en los viñedos próximos al litoral? El primer caso de extinción bien documentado ocurrió, no por casualidad, en una isla y se remonta a 1681. Se trató del dodo, un ave del tamaño de un pavo y emparentada con las palomas, que había perdido la capacidad de vuelo y vivía en la isla Mauricio, en el océano Índico. Dicha isla fue descubierta por los portugueses a principios del siglo XVI, y colonizada por los holandeses



Hay quien sugiere que la actual extinción provocada por el hombre no es crítica para el planeta, pues este ya soportó otras extinciones masivas, pero debemos considerar la enorme velocidad a la que está ocurriendo

La actual extinción se está produciendo en algo más de un siglo, las anteriores necesitaron muchos miles de años. / Foto: Enrique Ballesteros.

a partir de 1598. Los colonos cazaban el dodo, coleccionaban sus huevos, destruían su hábitat e introdujeron gatos y cerdos, que depredaban sobre los pollos y las puestas. En apenas ochenta años la especie se extinguió. Aparte de algunas láminas, tan sólo un ejemplar disecado se conservó para la historia en la Universidad de Oxford, pero casi fue destruido por un incendio a finales del siglo XVIII.

Desde el siglo XVII hasta la revolución industrial se ha registrado la pérdida de casi 500 especies animales y unas 600 especies vegetales. Hoy en día estas cifras son muy supe-

riores y las estimaciones más prudentes dan cifras de unas 17.000 especies extinguidas por año. Hay quien sugiere que la actual extinción provocada por el hombre no es crítica para el planeta, pues este ya soportó otras extinciones masivas, pero nos olvidamos de la enorme velocidad a la que se está produciendo.

Durante los últimos 500 millones de años han tenido cinco grandes extinciones comparables a la originada por la expansión humana. En cada uno de estos casos, la evolución tardó más de 10 millones de años en volver a recuperar la biodiversidad perdida. La

actual extinción se está produciendo en algo más de un siglo, las anteriores necesitaron muchos miles de años. Por todo ello, cualquier esfuerzo que hagamos para proteger nuestra biodiversidad será siempre bienvenido.

Esta convocatoria de Proyectos Cero sobre Especies Amenazadas de la Fundación General CSIC es una ventana a la esperanza en la lucha contra la insensibilidad ante el deterioro de nuestro entorno. Los proyectos aprobados cubren una amplia variedad de especies, desde las más emblemáticas hasta las menos tangibles. Es una puer-

ta hacia el optimismo y hacia el mensaje de que la solución existe. No solo por aumentar nuestro conocimiento sobre la conservación de nuestra naturaleza, sino porque se hará un gran esfuerzo en hacerlo llegar a la sociedad. Aunque los ejemplos que he mencionado en el texto parecen indicar lo contrario, es ahora cuando hay mayor razón para el optimismo. Nunca hemos tenido tantos datos ni tanta información sobre cómo funcionan nuestros ecosistemas y cómo protegerlos. Nunca estaremos tan cerca de comenzar a proteger la especie más amenazada: la especie humana. ■

02

**La I + D en especies
amenazadas: Proyectos
Cero de la FGCSIC**

continuará



La genómica y la conservación del lince ibérico

La secuenciación del genoma del lince ibérico será un logro significativo en sí mismo, al permitir recopilar una valiosa información que podría perderse en un futuro próximo si la especie llegara a extinguirse. Al mismo tiempo, generará importantes recursos y herramientas para la investigación sobre la biología y evolución de la especie, así como para su conservación.

José A. Godoy

Estación Biológica Doñana, CSIC

La actual crisis de biodiversidad

La pérdida de diversidad biológica es uno de los aspectos más preocupantes y amenazadores de la actual crisis global generada por actividades humanas. La última revisión del estado de la biodiversidad mundial por parte de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) encuentra que alrededor del 25% de las especies evaluadas tienen comprometida su persistencia a corto plazo en mayor o menor medida. La ralentización de es-

La pérdida de diversidad genética supone una disminución del potencial adaptativo de las especies

te proceso de extinción masiva supone un reto formidable para las sociedades modernas, solo abordable desde una perspectiva multidisciplinar que abarque las dimensiones culturales, económicas y políticas, además de las biológicas. Está claro que buena parte del esfuerzo debe ir orientado a la disminución del impacto de los factores que han conducido a esta situación: la destrucción y fragmentación del hábitat, la contaminación, la sobreexplotación y la invasión de especies foráneas. Sin embargo, muchas

especies, que han sido relegadas a poblaciones pequeñas y aisladas durante décadas, pueden permanecer en esta situación crítica y expuestas a la extinción por eventos azarosos de naturaleza ambiental o demográfica, incluso después de que las causas originales del declive hayan desaparecido. A los riesgos inherentes a esta situación contribuyen de manera fundamental los cambios en la composición genética de las poblaciones que se producen como consecuencia del declive y la fragmentación, y que limitan las posibilidades



Su carácter de especie emblemática ha convertido al lince ibérico, al mismo tiempo, en un símbolo y en un gran reto para la conservación de la fauna amenazada en España, Europa y el mundo. / Foto: H. Garrido, CSIC.

José A. Godoy

Introduce la genética en la Estación Biológica Doñana (EBD) en 1997 con la creación del Laboratorio de Ecología Molecular. Desde esa fecha ha coordinado dicho laboratorio (hasta diciembre de 2007) y ha colaborado con otros investigadores de la EBD en la incorporación de técnicas y marcadores moleculares en estudios de ecología, biología de poblaciones y evolución, que cubren un amplio espectro de problemas y grupos taxonómicos. Su investigación ha girado en torno a la inferencia de procesos demográficos y evolutivos a partir de la descripción de la variación genética en poblaciones naturales. Sus trabajos han incluido el desarrollo y aplicación de ensayos moleculares para la identificación de género, individuos y especies. Entre las especies que ha estudiado se encuentran algunas de las más emblemáticas de la fauna ibérica amenazada, como el quebrantahuesos, el águila imperial ibérica y el lince ibérico. Es representante del Grupo Asesor de Aspectos Genéticos del Programa de Conservación Ex-situ del Lince Ibérico.

de recuperación, retroalimentando una perversa espiral que se ha venido a llamar el vórtice de la extinción.

Aspectos genéticos en la conservación de especies amenazadas

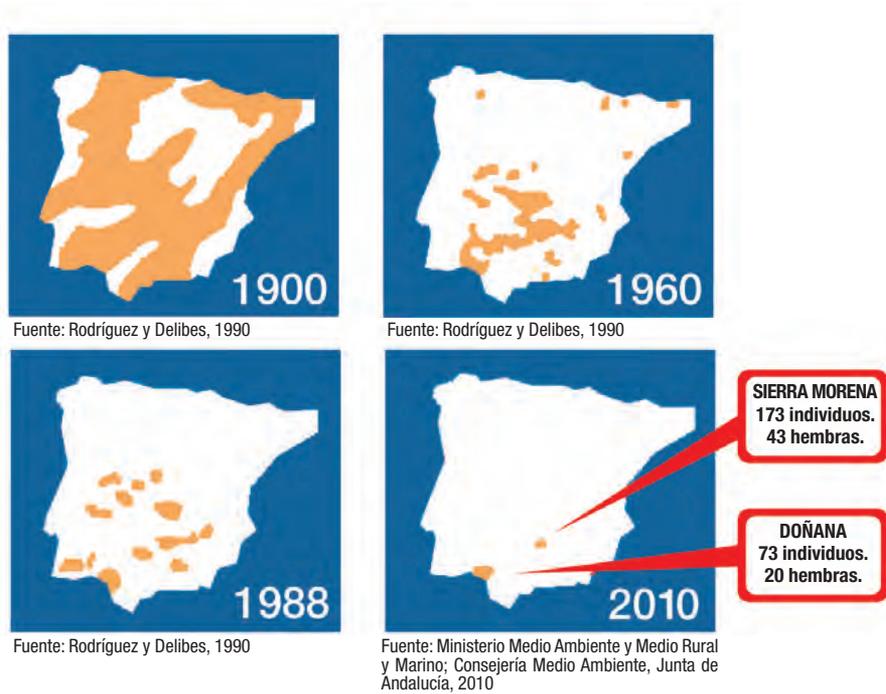
Aunque la relevancia de los factores genéticos en la extinción de las especies fue menospreciada en un principio, frente a los más evidentes factores ecológicos y demográficos, las predicciones teóricas y un número cada vez mayor de estudios empíricos y experimentales muestran la impor-

tancia de su impacto, identificándolos como ingredientes fundamentales del vórtice de la extinción. Por una parte, las poblaciones pequeñas tienden a perder diversidad genética por el efecto de procesos estocásticos englobados bajo el concepto de "deriva genética". En la medida en que la adaptación a cambios ambientales requiere de la existencia de variantes preexistentes que modifiquen su frecuencia por efecto de la selección natural, la pérdida de diversidad genética supone una disminución del poten-

cial adaptativo de las especies. Esto es especialmente preocupante en un mundo en el que están ocurriendo cambios ambientales a una velocidad sin precedentes. Por otra parte, las poblaciones pequeñas sufren aumentos progresivos de la consanguinidad y de la frecuencia de variantes perniciosas, que a menudo tienen consecuencias negativas sobre las probabilidades de supervivencia y las tasas de reproducción individual, comprometiendo la dinámica poblacional y aumentando las probabilidades de extinción.

Además, los análisis genéticos pueden ayudar a la identificación de las posibles poblaciones que presenten una divergencia evolutiva suficiente como para requerir una conservación independiente. El razonamiento subyacente es que pueden portar divergencias funcionales resultado de posibles adaptaciones locales.

La mezcla de estas unidades podría dar lugar a descendencia menos viable o mal adaptada. Dado el impacto potencial de los factores genéticos



Hacia 1900, era fácil encontrar lince ibéricos distribuidos por nuestra geografía. Como puede apreciarse en los mapas, el acusado proceso de declive y fragmentación en las últimas décadas ha relegado la especie a poco más de 200 ejemplares repartidos en dos poblaciones no conectadas, Doñana y Andújar.

en la persistencia de las especies, la descripción de los patrones genéticos y la evaluación de los riesgos de naturaleza genética han pasado a ser objetivos fundamentales de cualquier programa de conservación. Para ello, la gran mayoría de los estudios genéticos de especies amenazadas hasta la fecha han analizado la variación en unas cuantas regiones anónimas del genoma, bajo el supuesto de que la variación genética de estas regiones refleja la variación genómica global y, en particular, la del relativa-

mente pequeño componente funcional potencialmente implicado en la adaptación. Sin embargo, la dinámica de la variación genética neutral y la de la variación adaptativa en un proceso de declive pueden diferir sustancialmente, debido a la posible contribución diferencial de selección. Esta limitación de los enfoques genéticos tradicionales para el análisis de las especies amenazadas puede ser superada ahora con los enfoques genómicos que las nuevas tecnologías están haciendo factibles.

La revolución de la genómica

La secuenciación del genoma humano a finales de los años 90 ha sido considerada uno de los grandes hitos científicos del siglo XX. Con él culminaron décadas de investigación en genética y biología molecular y se inauguró una nueva etapa llena de promesas y desafíos, la era de la genómica. El coste del proyecto del genoma humano ha sido estimado en 2.700 millones dólares y el proyecto requirió más de diez años para ser completado. En los últi-

mos años, la aparición de tecnologías de secuenciación de segunda generación ha revolucionado el campo de la genómica al reducir sustancialmente tanto los costes como los tiempos requeridos. Por ejemplo, la secuenciación del genoma de un individuo de origen africano se completó en 2008 en un solo mes y por 250.000 dólares. La evolución de estas tecnologías hacia mayores productividades y menores costes permite contemplar ya la obtención de secuencias genómicas por menos de los 10.000 dólares, lo que se consideraba un objetivo inalcanzable hace apenas unos años.

El enfoque genómico ha supuesto una auténtica revolución para la biología molecular, la genética y, por supuesto, la biomedicina, al facilitar el descubrimiento de las bases genéticas de numerosas enfermedades y ofrecer la promesa de una medicina personalizada. Por el contrario, el potencial de la genómica para estudios de ecología, evolución y conservación, aunque empieza a vislumbrarse, está en su mayor parte por desarrollar. En el contexto de especies amenazadas, las aplicaciones genómicas tendrán un impacto muy significativo al menos en tres aspectos importantes. En primer lugar, la secuenciación masiva al azar de unos pocos

individuos permitirán la identificación de miles de polimorfismos distribuidos a lo largo del genoma, con localizaciones genómicas y funciones potencialmente conocidas.

En segundo lugar, estos marcadores aportarán estimas más robustas de variación global, permitirán acceder al componente funcional de la variación genética, tanto beneficiosa como perniciosa, y aumentarán la resolución de los análisis de los procesos demográficos y evolutivos que han actuado sobre la especie en el pasado. La posibilidad de acceder al componente funcional de la variación genómica facilitará la detección de adaptaciones locales y la cuantificación de las divergencias adaptativas entre poblaciones, así como una mejor evaluación de los riesgos de naturaleza genética, incluida la identificación de genes responsables de enfermedades o malformaciones congénitas. Esta información facilitará el diseño de estrategias de gestión genética que preserven las adaptaciones locales, maximicen el potencial adaptativo de la especie y minimicen los riesgos.

Por último, y en tercer lugar, las técnicas genómicas posibilitarían mejores estimas de parentesco y la reconstrucción de pedigríes multigeneracionales en poblaciones silvestres, un objetivo para el

El potencial de la genómica para estudios de ecología, evolución y conservación, aunque empieza a vislumbrarse, está en su mayor parte por desarrollar

que el uso de tan solo unos cuantos marcadores moleculares se ha revelado insuficiente en la mayoría de los escenarios naturales.

El lince ibérico, emblema y modelo

El lince ibérico (*Lynx pardinus*) es quizás la especie en peligro de extinción más emblemática de la península Ibérica, donde se ha convertido en un símbolo de la conservación, pero también en un enorme desafío para Administraciones, técnicos y científicos implicados en su preservación. La especie ostenta el dudoso honor de ser el felino más amenazado del mundo y ha sido clasificada como “en peligro crítico” por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Una vez abundante y ampliamente distribuida por la península Ibérica, el acelerado proceso de decadencia y fragmentación sufrido por la especie durante el siglo XX la ha relegado a menos de 250 individuos distribuidos en las dos únicas poblaciones remanentes en Doñana y Andújar (ver mapas).

El declive y la fragmentación de las poblaciones de lince ibérico parecen haber tenido efectos dramáticos sobre la variación genética de la especie. Estudios previos, basados en microsatélites nucleares, han revelado niveles contemporáneos de diversi-

dad que son extremadamente bajos en comparación con los de otras especies de felinos y, lo que es más revelador, también con la diversidad que la especie tuvo en un pasado reciente, estimada a partir del análisis de ejemplares de museo. Estos resultados indican un papel fundamental de la deriva genética en las últimas décadas y alertan de los riesgos derivados de la probable pérdida de diversidad adaptativa y de los efectos negativos de la acumulación de alelos perniciosos y consanguinidad con el tiempo, para los que empiezan a acumularse indicios preocupantes.

En la actualidad, la especie está sometida a una intensa monitorización y a medidas de conservación que incluyen un programa de conservación *ex situ*, y actuaciones de translocación de ejemplares entre poblaciones y de reintroducción, cuyas primeras sueltas se realizaron a finales de 2009. El seguimiento científico de estas actuaciones está generando una gran cantidad de información sobre la biología de la especie, incluidos los aspectos sanitarios, etológicos, reproductivos, demográficos y genéticos, tanto a nivel de poblaciones como de individuos.

Todas estas circunstancias hacen del lince ibérico un modelo único para explorar el uso



El lince ibérico está sometido a un intenso seguimiento tanto a nivel poblacional como individual, que incluye aspectos sanitarios, reproductivos, demográficos y genéticos. / Foto: H. Garrido, CSIC.

de los enfoques genómicos en la conservación e investigar los efectos del declive en la diversidad genética no neutral y sus implicaciones para la viabilidad individual y la dinámica de la población.

Proyecto Cero FGCSIC: La secuenciación del genoma del lince ibérico

La secuenciación del genoma del lince ibérico será un logro significativo en sí mismo, al permitir recopilar una valiosa información que podría perderse en un futuro próximo si la especie llegara a extinguirse. Al mismo tiempo, generará importantes recursos y herra-

mientas para la investigación sobre la biología y evolución de la especie, así como para su conservación. El análisis bioinformático de la secuencia genómica permitirá generar un borrador anotado que inventaríe el conjunto de genes y otros elementos genómicos. La comparación del genoma del lince ibérico con el del lince boreal y otros felinos permitirá identificar los cambios genómicos que han hecho único a nuestro lince y reconstruir la historia evolutiva del grupo. Por otro lado, la secuenciación de varios lincos ibéricos permitirá la identificación de miles de polimorfismos con los que es-

tudiar patrones genéticos, investigar la historia demográfica y reconstruir pedigríes en poblaciones silvestres y cautivas, entre otros muchos usos. Por último, es de esperar que los recursos generados fomenten y soporten otras investigaciones sobre aspectos concretos de la biología del lince ibérico.

Además de su interés científico y conservacionista, este proyecto alberga un importante componente innovador y estratégico. En primer lugar, el genoma del lince ibérico se convertirá en el primero de un mamífero en ser secuenciado

do en su totalidad en España, aprovechando, no obstante, el potencial tecnológico y la experiencia acumulada en la secuenciación y análisis de genomas de otros organismos. En segundo lugar, se convertirá en uno de los primeros genomas complejos secuenciado *de novo* utilizando exclusivamente nuevas tecnologías de secuenciación, y uno de los primeros en obtenerse de una especie en peligro de extinción, con el objetivo, entre otros, de ayudar en su conservación. El único precedente hasta la fecha es el del panda gigante, cuyo primer borrador de secuencia genómica fue publicado hace sólo unos meses. Por último, dado el carácter icónico y la visibilidad de la especie, este proyecto también contribuirá a difundir el potencial de la ciencia española a nivel nacional e internacional y a resaltar el interés social de la ciencia.

Salvar al lince ibérico y otras especies de la extinción sigue siendo un reto formidable. Mientras que la preservación del hábitat y la eliminación de las amenazas directas son prioridades urgentes, que requieren actuaciones decididas, la recuperación efectiva puede depender de nuevos conocimientos científicos, como los que el desarrollo de la genómica del lince ibérico puede ayudar a obtener. ■

Estudio de plantas amenazadas en España: ¿hay fósiles vivientes aún desconocidos?

El autor considera que se debe realizar un estudio intensivo prioritariamente sobre estos cinco géneros de plantas con flores: *Avellara*, *Castrilanthemum*, *Gyrocaryum*, *Naufraga* y *Pseudomisopates*, ya que en estos casos se cumplen dos de los tres criterios para seleccionar fósiles vivientes, es decir, aislamiento taxonómico, pues todos ellos constan de una sola especie, y aislamiento geográfico, ya que todos ellos presentan pocas poblaciones e individuos.

Pablo Vargas

Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC

El estudio de la conservación de plantas en España ha experimentado un crecimiento muy notable en los últimos diez años. La base del conocimiento de la diversidad vegetal se fraguó durante siglos, pero no fue hasta finales del siglo XX cuando se consolidó con publicaciones parciales como son las floras de provincias, de comunidades autónomas o de la península Ibérica e Islas Baleares.

Sin embargo, sigue estando pendiente una flora española completa (continental e insular). A pesar de ello se hicieron unos primeros intentos de dar a conocer el estado de conservación de algunas especies en los años 80 con la publicación de un libro rojo (Gómez Campo *et al.* 1987) y varios catálogos regionales de plantas amenazadas que en muchos casos se alejaban alarmantemente de criterios

La península Ibérica alberga una elevada biodiversidad vegetal con algo más de ocho mil táxones (especies y subespecies) de plantas con flores

científicos. Con mucho mayor delito que las multas ocasionalmente impuestas, se pueden observar listados de plantas amenazadas publicados poco después en boletines oficiales nacionales y autonómicos, y que desgraciadamente conllevan una errónea normativa legal. Por todo ello, fue muy bienvenida la iniciativa de más de un centenar de botánicos de toda España que de manera consensuada con-

feccionaron listas críticas sobre el estado de amenaza de las plantas continentales e insulares de España a principios del siglo XXI. Nunca antes tantos botánicos se habían reunido para sacar adelante semejante empresa. Esto no quiere decir que las listas resultantes, a las que se les aplicaron los criterios más estrictos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (<http://www.uicn.es/>), sean definitivas. Ni mucho menos. No obstante, estas publicaciones supusieron un punto de inflexión, y en concreto la lista de la flora amenazada del 2000 (*Atlas de la flora amenazada*) y el libro rojo derivado (Bañares *et al.* 2004). Ambos pueden ser consultados en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/inb/flora_vascular

Datos sobre biodiversidad vegetal en España y su grado de amenaza

La península Ibérica alberga una elevada biodiversidad vegetal con algo más de 8.000 táxones (especies y subespecies) de plantas con flores, aunque esta cifra varía según autores y criterios taxonómicos. De ellas, unas 7.500 se encuentran en la España peninsular, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, mientras que en las Islas Canarias se pueden encontrar unos 1.500 táxones. Estos datos nos sitúan

a la cabeza de Europa en número de especies continentales. Lógicamente no todas las especies tienen problemas de conservación. Sucesivas evaluaciones y reevaluaciones de las primeras listas y libros rojos durante la primera década del siglo XXI permitieron revisar a fondo 747 táxones (Moreno 2008). Gracias al esfuerzo de muchos botánicos, y a pesar de la exigua financiación recibida, se consiguió realizar en el campo un seguimiento de 551 táxones durante tres años. La última evaluación de la "Lista Roja" (Moreno 2008), después de aplicar los criterios más recientes de amenaza según la UICN (2001), arroja los siguientes resultados para táxones españoles (de mayor a menor grado de amenaza): 25 extintos, 308 en peligro crítico, 278 en peligro y 610 vulnerables.

No confundir endemismos con especies amenazadas

Una confusión muy común se produce al equiparar endemismo y especie amenazada. Un endemismo es un taxon exclusivo de un territorio concreto, independientemente del número de poblaciones que se distribuyan en el mismo. Y así, el alcornoque (*Quercus suber*) es un endemismo básicamente de España, Marruecos, Francia e Italia, y aunque el corcho no se puede extraer de otros árboles del mundo, no deja de

Una confusión muy común se produce al equiparar endemismo y especie amenazada. Un endemismo es un taxon exclusivo de un territorio concreto, al margen del número de poblaciones que se distribuyan en el mismo

ser un árbol sin grado de amenaza por su abundancia en todos estos países. Por el contrario, algunas plantas que se encuentran en España con muy pocos individuos y poblaciones, y por tanto están amenazadas en nuestro país por su escasez, no son endémicas porque abundan en otros países. Un ejemplo arbóreo es el carpe (*Carpinus betulus*), con cuatro pequeñas poblaciones en Navarra y Guipúzcoa, mientras que es muy abundante en el resto de Europa. Entonces, ¿tienen alguna categoría particular las especies que son a la vez endémicas y amenazadas? La respuesta es no. Sin embargo, a nadie se le escapa que no es lo mismo la extinción de una especie amenazada que sea exclusiva de España, y que por tanto suponga una pérdida irreversible en la biodiversidad mundial, que una especie no endémica que pueda ser reintroducida a partir de poblaciones de un país vecino.

¿Tienen todas las plantas el mismo valor de conservación?

Otro aspecto que no aparece explícitamente catalogado en las listas y libros rojos es la importancia (valor absoluto) de las plantas a proteger. Si quitamos el valor antropocéntrico de las plantas (intereses alimenticios, farmacológicos, rituales, etc.), tendremos que buscar un criterio más cientí-

fico. Para ello la clasificación (sistemática) de las plantas es el mejor punto de partida. Cuando se habla de táxones normalmente se hace referencia a especies y subespecies, tal y como se suele manejar y hemos reflejado en los apartados anteriores. No hay que perder de vista que también son táxones los géneros, familias y categorías superiores.

Aunque todos son táxones, parece evidente que la pérdida por extinción es más lamentable si se trata de un género que de una subespecie. Es decir, un género amenazado, porque su única especie tenga muy pocas poblaciones debería recibir acciones prioritarias frente a otros táxones inferiores. Y en nuestro país no hay muchos táxones superiores ya que la única familia endémica de nuestras latitudes (*Aphyllanthaceae*) se encuentra distribuida por todo el Mediterráneo.

Por ello, el valor absoluto de los táxones superiores es el argumento fundamental dirimido en el Proyecto Cero concedido por la Fundación General CSIC que se desarrolla en la actualidad y que lleva por título “¿Tienen todas las especies amenazadas el mismo valor? Origen y conservación de fósiles vivientes de plantas con flores endémicas en España”.

Fósiles vivientes y géneros endémicos amenazados

Dentro de la teoría de los relictos, se entiende como fósil viviente aquella especie viva de distribución restringida que no tiene parientes próximos más que en forma fósil. Si bien hay diferentes definiciones del término, nos referimos a plantas totalmente aisladas desde los puntos de vista geográfico, taxonómico y filogenético como consecuencia de la desaparición de sus poblaciones. Casos paradigmáticos en la botánica mundial son el ginkgo (*Ginkgo biloba*) de China, que es el producto de la desaparición de sus congéneres desde el Jurásico. Otro ejemplo es la *Welwitschia mirabilis* de Namibia y Angola, que supone un género amenazado de gran interés porque las especies y géneros próximos se distribuían en el Cretácico por África, Asia y América. Ya en nuestro país, contamos con una veintena de géneros endémicos de la península Ibérica e Islas Baleares, de los cuales cinco están catalogados “en peligro crítico”, categoría que antecede a “planta extinta”. Por todo ello consideramos que un estudio intensivo se debe realizar prioritariamente sobre estos cinco géneros de plantas con flores: *Avellara*, *Castrilanthemum*, *Gyrocarium*, *Naufra* y *Pseudomisopates*. Por el mero hecho de elegir estos



Una margarita que pasó desapercibida hasta el año 1996 es el *Castrilanthemum debeauxii*. Sin duda es uno de los géneros que ofrece mayores garantías de ser considerado fósil viviente. / Foto: Gabriel Blanca.

cinco géneros en peligro crítico ya se cumplen dos de los tres criterios para seleccionar fósiles vivientes, es decir aislamiento taxonómico, ya que todos ellos constan de una sola especie, y aislamiento geográfico, ya que todos ellos pre-

sentan pocas poblaciones e individuos. Pero, ¿están todos ellos aislados filogenéticamente? Es decir, ¿pertenecen todos ellos a linajes alejados de sus parientes más próximos? El proyecto que se está desarrollando tiene como primer



Las Islas Canarias y Baleares albergan un buen número de especies amenazadas como consecuencia de la fragilidad de los ambientes insulares. Un endemismo sumamente en peligro es *Naufraga balearica*, con únicamente dos poblaciones en el norte de Mallorca. / Foto: Eva Moragues.

objetivo comprobar si estos géneros son linajes relictos. Es decir, esperamos que sean linajes pobres (una sola especie) frente a los linajes más próximos que estarían enriquecidos por un elevado número de especies (criterio filogenético relativo). También podría ocurrir que el linaje de estudio y el más próximo estuvieran empobrecidos en especies. Entonces, y a pesar de que el linaje de estudio haya sido reconocido como género independiente debido a sus características morfológicas, se puede aplicar un segundo criterio temporal (criterio filogenético absoluto). Mediante la aplicación de la metodolo-

gía de los relojes moleculares, estamos en disposición de datar la filogenia que nos permita saber cuándo (tiempo absoluto) se separó el linaje de cada género de sus congéneres más próximos. Por tanto, si la fecha de separación es anterior a un evento histórico de relevancia en Europa, como es el establecimiento del clima mediterráneo, nos encontraremos con linajes antiguos que se ajustarán a la definición de fósil viviente.

Estudio de los “cinco más grandes”

Al igual que se llaman “big five” a las cinco especies de caza mayor (león, leopardo, rino-

ceronte, búfalo y elefante) que eran más difíciles de capturar en Sudáfrica, nosotros hemos adoptado un símil para las cinco especies en peligro crítico con rango taxonómico “más grande” (géneros). A las poblaciones de los “cinco géneros más grandes” desde el punto de vista de la conservación se les aplicará las técnicas y metodologías más modernas al servicio de la conservación.

En concreto, necesitamos conocer los procesos que han llevado a sus poblaciones al estado relictos actual de manera que se puedan frenar las causas más acuciantes. Análisis de biología reproductiva, biología de la polinización, regeneración, hábitat y diversidad genética serán realizados en poblaciones de cada uno de los géneros dado que el nivel de conocimiento es sorprendentemente pobre y fragmentado. Como último objetivo pretendemos detectar cuáles son las causas últimas que están impidiendo la recuperación de sus poblaciones. Una vez conocidas estas causas, propondremos medidas paliativas para que las poblaciones se recuperen y, en su caso, medidas que permitan su reintroducción.

Características biológicas de los “cinco más grandes”

Los cinco géneros más grandes pertenecen a distintas fa-

milias de plantas con flores y están distribuidos en diferentes provincias y comunidades autónomas de la España continental e Islas Baleares.

Avellara fistulosa

Planta perenne de la familia de las Compuestas que consta actualmente de una población española en el Parque Nacional de Doñana (Sevilla). Otra población localizada en Cádiz (Chiclana) no se ha vuelto a encontrar desde 1927. Cuatro poblaciones más se conocen en Portugal. No hay estudios filogenéticos de esta especie, aunque se espera que sea muy próxima a las especies del género *Scorzonera*.

Castrilanthemum debeauxii

Las poblaciones de esta planta anual de la familia de las Compuestas se han encontrado en las sierras contiguas de Castril (Jaén), Guillimona (Granada) y Cabrilla (Jaén). Sin embargo, solo la población de la sierra de Guillimona ha aparecido varios años seguidos en esta década. En principio parece que cumple los tres requisitos para considerarse fósil viviente porque, además de su aislamiento taxonómico y geográfico, una filogenia preliminar indica que forma un grupo hermano con otros dos géneros (*Leucanthemopsis*, *Prolongoa*) que contienen unas diez especies (ver imagen).

Gyrocarum oppositifolium

Se trata de otra planta anual de aparición caprichosa cada primavera, pues se descubrió en grandes cantidades en la localidad sevillana de Constantina, donde no se ha vuelto a encontrar desde 1982. Más tarde se descubrió otra población en León (Ponferrada) en 1994 y otra en Madrid (Cadalso de los Vidrios) en 2000. La única población que ha podido ser seguida durante años es la de León, ya que la de Madrid aparece solo en algunos años benignos (por ejemplo en 2000 y 2005). Ha sido sin duda clasificada dentro de la enorme familia de las Boragináceas, aunque su posición sistemática concreta dentro de una de sus tribus taxonómicas sigue siendo enigmática. Si bien, ya hemos podido incluir esta especie en una filogenia de la familia a la que pertenece (*Boraginaceae*), la escasez de géneros próximos analizados impide saber cuál es su posición en el árbol evolutivo.

Naufraga balearica

Solo se puede encontrar esta planta perenne de la familia de las Umbelíferas en tres poblaciones del noroeste de Mallorca. En 1981 fue descubierta una población en Córcega, que no ha vuelto a aparecer con posterioridad. Su posición en el árbol evolutivo ha sido analizada en tres filogenias



El hecho de que *Pseudomisopates rivas-martinezii* sea un género con una sola especie y con pocas poblaciones explica por qué no fue descubierto hasta 1987 en la conocida sierra de Gredos, donde es endémico. / Foto: Pablo Vargas.

previas. No obstante, la escasez de muestreo de especies de otros géneros, especialmente de apios (*Apium* spp.) impide conocer si nos encontramos ante un verdadero fósil viviente (ver imagen).

Pseudomisopates

Sin duda esta planta de la familia de las Escrofulariáceas ha sido estudiada con mayor detenimiento que las demás gracias a la tesis doctoral de un miembro de nuestro

equipo (Elena Amat). De hecho ahora se sabe que aparece en distintas partes de la sierra de Gredos (Ávila), con plantas de largos estolones distribuidas en dos núcleos poblacionales de La Serrota y de los picos de Gredos, ambos en Ávila (ver imagen).

Los resultados más recientes indican que su género hermano (*Acanthorrhinum*) está distribuido por el Atlas de Marruecos, que también consta de

Pablo Vargas

Investigador en el Real Jardín Botánico (CSIC), donde trabaja desde hace 25 años, con un paréntesis de una estancia posdoctoral de tres años y medio en Berkeley (California), Reading (Inglaterra) y Mainz (Alemania). Se inició en botánica gracias a la realización de estudios florísticos y biosistemáticos durante su periodo predoctoral, para pasar a un enfoque más evolutivo en años posteriores. Aunque las regiones geográficas de estudio han sido principalmente las regiones florísticas del Mediterráneo y Macaronesia, también ha realizado estudios en África, América y en territorios remotos como Hawaii y Galápagos. 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. De hecho ha desarrollado proyectos de investigación en plantas amenazadas durante el periodo 2001-2008, dentro del amplio equipo de investigadores del Atlas de la Flora Amenazada de España.

una sola especie. Por ello no cumpliría con el criterio filogenético relativo y no debería ser considerado un fósil viviente. No obstante, queda por saber si la separación entre ambos géneros es suficientemente antigua para que sea aplicado un criterio filogenético absoluto. Es decir, la cuestión es si se trata de dos linajes antiguos como consecuencia de una separación anterior al establecimiento del clima mediterráneo. ■

¿Cómo vencer al enemigo invisible de los anfibios?

Según el autor, la mayor amenaza para los anfibios en nuestro mundo globalizado es un hongo microscópico que el hombre está dispersando por toda la Tierra. Este hongo, conocido científicamente con el nombre de *Batrachochytrium dendrobatidis*, y bautizado coloquialmente como “el hongo asesino”, resulta letal para muchos anfibios que nunca han estado en contacto previo con él.

Jaime Bosch

Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC

Los anfibios llevan en la Tierra más de 300 millones de años, han resistido todo tipo de cambios ambientales y han conseguido conquistar casi todos los rincones del planeta. Más aún, en muchos ecosistemas representan la mayor parte de la biomasa, son fundamentales para la supervivencia de otros organismos que se nutren de ellos y, a la vez, son imprescindibles para controlar a los invertebrados de los que se ali-

Los anfibios llevan en la tierra más de 300 millones de años, han resistido todo tipo de cambios ambientales y han conquistado casi todos los rincones del planeta

mentan. Con más de 6.000 especies vivientes, cierto tipo de anfibios pueden sobrevivir enterrados en el desierto durante años o totalmente congelados bajo el hielo. Algunas ranas pasan toda su vida a 30 metros de altura sin bajar al suelo, en selvas tropicales, y otros con forma de lombriz nunca abandonan sus galerías subterráneas. Los hay que viven a más de 5.000 metros de altura y otros que nunca salen del agua. Algunos

no tienen pulmones y son capaces de respirar solo a través de su piel. Otros no necesitan dejar los huevos en el agua, pues las pequeñas ranitas salen directamente del huevo en tierra. Algunos padres llevan a los renacuajos, a los huevos o a las crías sobre ellos (*ver imagen*), o incluso dentro de ellos, y en algunas especies los adultos transportan sus renacuajos desde el suelo hasta un hueco con agua en plantas que crecen sobre



Macho de sapo partero común llevando la puesta. / Foto: Jaime Bosch.

Jaime Bosch

Científico titular del CSIC y vicepresidente de la Asociación Herpetológica Española. Experto en comportamiento de anfibios y comunicación acústica, desde los últimos diez años su trabajo se centra en el estudio de enfermedades emergentes de anfibios. Autor de más de 100 publicaciones científicas, dirige distintos proyectos de investigación internacionales sobre conservación de anfibios. Asesor en la gestión de poblaciones de anfibios de varios espacios naturales protegidos, ha diseñado diversos programas de seguimiento de poblaciones y dirige el Centro de Cría en Cautividad de Anfibios Amenazados de la Sierra de Guadarrama.

los árboles para, después, visitarlos regularmente y depositar huevos infértiles que les sirvan de alimento. Muchas especies de anfibios han desarrollado venenos en su piel para que no se los coman, algunas salamandras pueden hacerse una bola y escapar rodando, otras pueden sacar sus costillas puntiagudas a través de su piel y muchas ranas fingen estar muertas, parecen ser más grandes o ser poco apetitosas para sobrevivir a sus depredadores. Y sin embargo, todas estas maravillosas adaptaciones no han

evitado que los anfibios sean los tristes protagonistas de la llamada sexta extinción. Más de la tercera parte de las especies de anfibios están seriamente amenazadas en la actualidad y muchas especies se están extinguiendo sin que ni siquiera hayan sido descritas por la ciencia.

Un hongo asesino

Pero realmente la mala noticia para los anfibios es la naturaleza del problema. Es fácil imaginar cómo la mayoría de los anfibios desaparecen cuando sus hábitats son des-

truidos o transformados por el hombre, o simplemente comidos en el Tercer Mundo por la hambrienta población humana. Incluso, es fácil imaginar cómo el calentamiento global, la lluvia ácida o la contaminación acaban con muchos de ellos. Sin embargo, lo que es más difícil de imaginar es que muchos anfibios en todo el mundo están desapareciendo misteriosamente, sin que veamos a simple vista al causante del desastre. También en zonas protegidas, en santuarios que, en teoría, deberían salvaguardarlos de la acción huma-

na, sin que nadie se entere de lo que está pasando y, desgraciadamente, sin que nadie sepa aún como evitarlo.

Y es que, probablemente, la mayor amenaza de los anfibios en nuestro mundo globalizado sea un hongo microscópico que el hombre está dispersando por toda la Tierra. Este hongo, conocido científicamente con el nombre de *Batrachochytrium dendrobatidis*, y bautizado coloquialmente como “el hongo asesino”, resulta letal para muchos anfibios que nunca han esta-

do en contacto previo con él. De forma comparable a cómo la viruela llevada por los colonos europeos aniquiló hasta el 95% de los indígenas del Nuevo Mundo, el comercio internacional de anfibios que comenzó en los años 30 con fines médicos, alimenticios, de control biológico o de mascotas ha podido ser la vía de dispersión de esta nueva y peligrosa amenaza.

Desgraciadamente, ya es tarde para evitar su dispersión a gran escala, y el hongo asesino está ya en los cinco continentes y en muchos anfibios autóctonos. Se calcula que más de 400 especies de anfibios de todo el mundo están infectadas y que más de 200 podrían haberse extinguido en los últimos 30 años por su causa. Curiosamente, mientras que algunas especies toleran la presencia del hongo y conviven con él, más del 90% de los individuos de otras especies mueren rápidamente sin que las poblaciones puedan recuperarse.

De hecho, ahora empezamos a entender algunas misteriosas desapariciones de anfibios que se produjeron en zonas bien conservadas hace tiempo, y que nadie supo explicar en su momento. Por ejemplo, el sapo dorado era un llamativo animal que se convirtió en el símbolo de la Reserva Bio-

Lo que es más difícil de imaginar es que muchos anfibios en todo el mundo están desapareciendo misteriosamente, sin que veamos a simple vista el causante del desastre

lógica de Monteverde en Costa Rica. Cientos de animales podían verse cada estación hasta que, de repente, empezó a ser más escaso y terminó por desaparecer en pocos años. Nada había cambiado en Monteverde, el bosque seguía intacto e incluso otros anfibios seguían ahí, pero esta especie única en el mundo se había extinguido para siempre. Otro ejemplo significativo ocurrió en Australia, cuando algunos investigadores descubrieron en los años 80 una curiosa rana en una remota zona selvática. Ya en el laboratorio, comprobaron que esta rana podía retener a sus crías en su estómago para evitar que fuesen atacadas por sus depredadores. Inmediatamente, se dieron cuenta que un animal capaz de inhibir sus ju-

gos gástricos podría convertirse en el remedio soñado para curar las úlceras de estómago. Sin embargo, cuando estos investigadores volvieron a la selva a buscar nuevos ejemplares para continuar sus estudios comprobaron que la rana había desaparecido. Y con ella, el posible remedio para millones de personas en el mundo que sufren esta enfermedad.

Pero no tenemos que irnos tan lejos para comprobar los terribles efectos de este hongo letal. En la sierra de Guadarrama, en Madrid, a finales de los años 90 vimos atónitos cómo miles de sapos parteros morían sin causa aparente en una de las zonas mejor conservadas: el Parque Natural de Peñalara. Curiosamente, en esa época se había empezado a dismantelar la vieja estación de esquí de la zona en lo que fue uno de los mayores esfuerzos conservacionistas realizados en una zona de montaña de toda Europa. Y, sin embargo, nada podíamos hacer para evitar que los renacuajos de sapo partero, que habían pasado hasta cinco años en las frías aguas de Peñalara, muriesen irremediablemente al final de su metamorfosis sin que ni siquiera llegaran a pisar la tierra firme como hicieran sus antepasados hace 300 millones de años. En ese momento, nadie conocía la existencia del hongo asesino,

aunque científicos australianos y americanos empezaban ya a sospechar que las ranas de sus respectivos países estaban siendo aniquiladas por un organismo nuevo.

Desde entonces, las investigaciones han avanzado mucho. Sabemos ya cómo el hongo infecta a los anfibios cuando sus zoosporas entran en contacto con su piel queratinizada. Sabemos ya cómo crece el hongo dentro de sus células de la piel, y cómo desarrolla sus tubos de descarga que, literalmente, atraviesan su piel para liberar nuevas zoosporas. Sabemos ya cómo mueren los animales por un fallo cardíaco, provocado por el desequilibrio químico que produce el crecimiento del hongo, tras una angustiosa agonía (ver imagen).

También sabemos que el hongo necesita temperaturas relativamente frescas para crecer y que muere en ausencia de agua. Incluso sabemos ya cómo curar en el laboratorio con potentes fungicidas a los animales infectados. Sabemos, también, que algunas especies de anfibios tienen bacterias simbiotas en su piel que impiden el crecimiento del hongo, e incluso sabemos que si añadimos estas bacterias a anfibios infectados podemos librarlos de una muerte segura. Sin embargo, aún no sabemos lo realmente importan-



Ejemplares de sapo partero común muertos por el hongo asesino en un lago de montaña de los Pirineos. / Foto: Jaime Bosch.

te: qué hacer para eliminar el hongo del medio o cómo evitar que las poblaciones infectadas se extingan. Así, desde hace años la única alternativa para las especies y poblaciones más susceptibles ha sido encerrar algunos ejemplares en recintos aislados, fuera del alcance del hongo. Actualmente, algunos de los últimos ejemplares de cientos de es-

pecies permanecen cautivos en zoológicos y centros de investigación, esperando que, quizás algún día, puedan regresar a su medio y ser libres de nuevo.

Las investigaciones

España se encuentra a la cabeza de las investigaciones sobre este problema tan serio. El caso del Parque Natu-

ral de Peñalara fue el primero en Europa, y desde entonces no hemos parado de investigar. Sabemos ya qué especies son las más vulnerables, a qué rincones de nuestro país ha llegado el hongo y, en algunos casos, incluso cómo llegó hasta allí. Sabemos que hay cepas más virulentas que otras y que, por desgracia, además de las mortalidades

masivas, el hongo está provocando otros devastadores efectos, reduciendo la supervivencia de muchos ejemplares y alterando los equilibrios entre las distintas especies.

También sabemos que, en zonas de montaña, el cambio climático está exacerbando el problema, elevando las temperaturas hasta conseguir

que se alcance una situación óptima para el crecimiento del hongo.

Pero, además de estas investigaciones, estamos intentando remediar el problema. Hemos procurado favorecer a las especies más sensibles creando o acondicionando sitios para su reproducción, hemos establecido colonias cautivas de las poblaciones más vulnerables (ver imagen) e, incluso, hemos intentado limpiar alguna población. Por ejemplo, en Mallorca, y con la ayuda de la Conselleria de Medi Ambient del Gobierno Balear, capturamos y tratamos en el laboratorio las más de 2.000 larvas de una población infectada del sapo partero balear. No fue tarea fácil pues esta especie sobrevive en profundos barrancos de la sierra de Tramontana, donde quedó relegada por las culebras de agua y las ranas verdes que, ya en tiempos de los romanos, llegaron a la isla a bordo de nuestras embarcaciones. Teníamos en nuestras manos 2.000 de las solo 40.000 larvas que existen en el mundo de esta especie, y las tratamos con mucho cuidado. Las transportamos durante horas a la espalda con bombas de aire, las limpiamos con baños de fungicida y las mantuvimos a 14°C para evitar que se metamorfosearan, hasta conseguir vaciar completamente la poza del to-

Curiosamente, mientras que algunas especies toleran la presencia del hongo y conviven con él, más del 90% de los individuos de otras especies mueren rápidamente sin que las poblaciones puedan recuperarse

rente donde viven. Por último, cuando las primeras lluvias de otoño volvieron a llenar la poza, las liberamos con la ayuda de un helicóptero.

Lamentablemente, tras algunos meses en el agua las larvas se volvieron a infectar, quizás porque el hongo había conseguido sobrevivir en el fango reseco o en la escasa

vegetación acuática de la poza. O quizás porque ejemplares adultos infectados habían traído de nuevo el hongo a la poza. Fue el primer intento que se realizó en el mundo de limpiar una población infectada tratando a todos los ejemplares en fase larvaria y también el medio acuático y, aunque no conseguimos eliminar el hongo, logramos que la infección de las larvas bajase de forma significativa.

De forma similar, el verano pasado, participamos en el primer intento en el mundo de utilizar, fuera del laboratorio, las bacterias simbiotes capaces de eliminar el hongo. A más de 4.000 metros de altura, en Sierra Nevada (California), aplicamos estas bacterias, que habían sido cultivadas en un laboratorio de San Francisco, a los últimos ejemplares de una especie de rana condenada a desaparecer por culpa del hongo.

El resultado fue similar al del experimento de Mallorca y después de varios meses las ranas tratadas volvieron a infectarse, aunque su nivel de infección también se había reducido. Por suerte, los modelos matemáticos que estamos desarrollando predicen que si somos capaces de disminuir la infección hasta un cierto umbral podremos evitar las mortalidades masivas y, por lo

menos, conseguir que las poblaciones no se extingan hasta que encontremos una solución definitiva.

Gracias a la ayuda de la Fundación General CSIC, desde el Museo Nacional de Ciencias Naturales, vamos a ensayar nuevos métodos de mitigación de la enfermedad en condiciones naturales. Junto con los Drs. Jonathan Bielby y Trenton Garner, de la Sociedad Zoológica de Londres (ZSL), y el Dr. Matthew Fisher, del Imperial College de Londres, procederemos a modelizar la dinámica de la enfermedad en las poblaciones que van a ser tratadas. Intentaremos además que los animales desarrollen algún grado de inmunidad adquirida para potenciar su resistencia a la enfermedad y combinaremos experimentos sobre la virulencia de las distintas cepas del hongo con la transcripción de su genoma para intentar disminuir su patogenicidad.

Esperemos que aún estemos a tiempo de que los últimos sapos parteros de Peñalara, que sobreviven hoy encerrados en el Centro de Cría de Anfibios Amenazados de la sierra de Guadarrama, puedan, al igual que centenares de especies de anfibios de todo el mundo, volver definitivamente a su medio, de donde nunca debieron salir. ■

“Un paso adelante”. Compatibilizando la viabilidad económica agrícola con la conservación de aves amenazadas

Este proyecto nace con el objetivo explícito de avanzar conceptualmente en el diseño e implementación de nuevos enfoques en la conservación de especies amenazadas, encaminados a mejorar la conservación de las mismas en paisajes altamente humanizados como son las zonas esteparias.

Lluís Brotons, Gerard Bota y David Giralt (1)
Beatriz Arroyo y François Mougeot (2)
Carlos Cantero (3) y Lourdes Viladomiu (4)

(1) Centro Tecnológico Forestal de Cataluña, CTFC

(2) Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC

(3) Universidad de Lleida, UDL y (4) Universidad Autónoma de Barcelona, UAB

Todavía, para muchas personas, los hábitats esteparios y las zonas áridas constituyen lugares inhóspitos, carentes de interés y de vida. Los que nos hemos dedicado a estudiar y divulgar sus valores naturales nos hemos acostumbrado ya a la expresión de sorpresa, cuando no de escepticismo, que aparece en la cara de muchos al explicarles el valor incalculable de los paisajes esteparios y el

Las zonas áridas y esteparias, naturales o fruto de la acción humana, han permanecido relativamente poco alteradas

sinfín de organismos peculiares que los habitan. Las zonas áridas y esteparias, naturales o fruto de la acción humana (pseudostepas), han permanecido relativamente poco alteradas o se han visto sometidas a formas de explotación de muy baja intensidad. En estas zonas, y hasta hace poco, la dureza de las condiciones imperantes ha mantenido los usos del suelo, costumbres y organismos que han desapa-

recido de muchos otros lugares, fruto de la intensificación agrícola y ganadera o de los cambios en las prácticas tradicionales.

El aumento del interés por el estudio de la ecología y la conservación de los hábitats esteparios y sus aves asociadas ha transcurrido en paralelo a la constatación del creciente grado de amenaza y progresiva desaparición de es-

tos ambientes. Actualmente, el grupo de aves más amenazado en Europa es el que se encuentra en los medios agrícolas, con más del 80% de las especies en un estado de conservación desfavorable. En este contexto, España tiene una enorme responsabilidad en su conservación por su singularidad biogeográfica y taxonómica, al ser muchas de las aves agrícolas españolas aves esteparias, de las que nuestro país alberga la mayor parte o incluso la totalidad de las poblaciones europeas. Algunas de estas especies son la avutarda (*Otis tarda*), el sisón común (*Tetrax tetrax*), la ganga ibérica (*Pterocles alchata*), la ganga ortega (*Pterocles orientalis*) o una nutrida y rica comunidad de aláudidos, entre otras.

Detener el declive de las poblaciones de aves esteparias

A pesar de que buena parte de las zonas esteparias españolas son el resultado de la acción secular del hombre basada en la ganadería extensiva y la agricultura de secano, son justamente los cambios en estas prácticas las que ahora mismo están conduciendo al declive de sus poblaciones de aves. La intensificación agrícola, en sus múltiples facetas, ha sido, y continúa siendo, uno de los factores más importantes en la pérdida de diversidad biológica en los ambientes agrícolas y esteparios. Detener y rever-

La intensificación agrícola, en sus múltiples facetas, ha sido, y continúa siendo, uno de los factores más importantes en la pérdida de diversidad biológica en los ambientes agrícolas y esteparios

tir el declive de las poblaciones de aves esteparias en un contexto de medios altamente humanizados como las tierras de cultivo requiere un esfuerzo importante de todos los actores (Administraciones, agricultores, científicos, sociedad civil, etc.), de gestión y de conservación en un futuro inmediato.

A menudo, los trabajos de conservación en estas zonas no funcionan cuando se centran en un enfoque tradicional, basado en el establecimiento de áreas protegidas con fuertes limitaciones en las actividades humanas y la explotación de los recursos. En el caso de las aves esteparias de hábitats agrícolas extensos, la conservación a largo plazo solo será factible si somos capaces de integrar los requisitos ecológicos de las especies en las prácticas agrícolas y si estas prácticas son económicamente viables, integradas y aceptadas por los mismos agricultores.

La Política Agrícola Común (PAC) de la Unión Europea, y sus medidas asociadas, ha sido señalada como el instrumento principal que se encuentra detrás de los procesos de intensificación y abandono sufridos en muchos sistemas agrícolas europeos de alto valor de conservación. Paradójicamente, y sobre todo desde su última re-

forma en 2003, también se espera que la PAC tenga un papel determinante en la mejora del medio ambiente, el enriquecimiento ecológico y en la calidad de los sistemas afectados. Sin embargo, las posibles medidas ambientales implementadas en zonas agrícolas deben ser aplicadas por los agricultores, que son los propietarios y los beneficiarios de los fondos de las mismas.

Por ello, la evaluación de las consecuencias ambientales, económicas y agronómicas de las posibles medidas ambientales se convierte en esencial para mantener su impacto en el tiempo y considerar un éxito su aplicación.

Es en este contexto en el que se plantea el proyecto “Un paso adelante”, con el objetivo explícito de avanzar conceptualmente en el diseño e implementación de nuevos enfoques en la conservación de especies amenazadas, encaminados a mejorar la conservación de las mismas en paisajes altamente humanizados como son las zonas esteparias. El proyecto se llevará a cabo en dos zonas piloto situadas en el valle del Ebro y en la meseta de Castilla-La Mancha. Ambas áreas albergan una rica comunidad de aves esteparias y paisajes similares, dominados por el cultivo de cereal de invierno



Una de las principales innovaciones del proyecto en el campo de la conservación es la consideración explícita de las prácticas agronómicas de manera integrada. / Foto: Carlos Cantero.

de secano. El trabajo se basa en el desarrollo de diferentes escenarios agrícolas y de paisaje, apoyados en los conocimientos agronómico y local, que serán evaluados tanto en términos de su viabilidad agroeconómica como por su potencial y calidad para albergar poblaciones de aves esteparias amenazadas.

Proyecto “Un paso adelante”
En este proyecto se preten-

den afrontar dos desafíos en relación a la biología de conservación actual. El primero es conceptual y se refiere a la integración (explícita y desde el inicio) en las estrategias de conservación de las actividades humanas que influyen en los paisajes. El segundo es metodológico y pretende desarrollar modelos que integren los procesos ecológicos fundamentales para determinar los cambios en la distribución

de especies, derivados de los impactos de los diferentes escenarios agronómicos planeados.

La modelización predictiva de especies se basa en la utilización de información biótica representativa y en la disponibilidad de diferentes variables ambientales espacialmente continuas para un ámbito concreto de interés. La integración de informa-

ción biótica y variables ambientales mediante técnicas estadísticas específicas y herramientas de SIG (Sistemas Información Geográfica) hace posible la generación de una cartografía de alta resolución que permite evaluar la variabilidad espacial y la calidad del hábitat para las especies modelizadas e identificar las variables ambientales que las determinan. Estas técnicas han tenido un gran auge

en los últimos años para conocer la distribución y situación actual de muy diferentes grupos bióticos (aves, mamíferos, artrópodos, flora, etc.), pero solo recientemente se está evaluando su potencial para la generación de escenarios de cambio de las condiciones ambientales de una determinada zona.

Una de las principales innovaciones del proyecto en el campo de la conservación es la consideración explícita de las prácticas agronómicas de manera integrada. Esta integración incluye tanto aquellas prácticas planteadas con base puramente agronómica como aquellas con base de conservación. Este enfoque permitirá plantear a los agricultores propuestas de prácticas agronómicas que compatibilicen su actividad con la preservación de las especies de la mejor manera posible y con costes asumibles.

Así pues, el carácter multidisciplinar de este trabajo no es solamente un valor añadido, sino que forma el núcleo mismo de su aproximación conceptual. Cuando los objetivos de conservación, encaminados a preservar especies amenazadas en contextos fuertemente humanizados, se pretenden conseguir mediante acciones que no tienen en cuenta los aspectos sociales y económicos, estos tienen

El proyecto se desarrollará en dos zonas piloto situadas en el valle del Ebro y en la meseta de Castilla-La Mancha. Ambas áreas presentan una rica comunidad de aves esteparias y paisajes similares, dominados por el cultivo de cereal de invierno de secano

una alta probabilidad de fracasar antes de alcanzar los fines para los que fueron diseñados. En este marco conceptual se requiere un verdadero equipo multidisciplinar, formado por ecólogos, agrónomos, economistas y modelizadores, para construir y evaluar las implicaciones de los diferentes escenarios agrícolas. Para su construcción, los escenarios requieren de un amplio conocimiento sobre las posibilidades de una determinada región y de sus perspectivas de futuro, tanto desde un punto de vista social como desde un punto de vista económico.

La definición y el análisis de estos escenarios agronómicos para cada una de las zonas de estudio se basarán en información ya publicada, así como en información que pueda obtenerse de los agricultores locales y de diferentes actores implicados.

Este enfoque pluridisciplinar ha exigido la participación de grupos de investigación de diferentes ámbitos que van desde la biología de la conservación de aves de medios agrícolas, a la agronomía y la economía de zonas rurales.

Obviamente, el proyecto “Un paso adelante” no pretende resolver todos los problemas relacionados con la conservación de especies en las áreas

descriptas. Las ideas, aproximaciones y esfuerzos planteados en las propuestas del presente trabajo deben ser interpretadas como un primer intento de desarrollar nuevos enfoques que integren disciplinas y nos permitan una recompensa en forma de una mayor efectividad en las acciones de conservación planteadas. Así pues, los resultados que esperamos obtener en el proyecto se centrarán en la evaluación cuantitativa en espacio y tiempo de los impactos en las especies objeto de estudio para cada uno de los diferentes escenarios agronómicos planteados, junto con la información de su viabilidad y costes tanto económicos como agronómicos. Los resultados de estos escenarios serán integrados en una herramienta de ayuda a la decisión, que permitirá evaluaciones previas y pormenorizadas de las repercusiones de las decisiones agronómicas que se puedan tomar. Se plantearán, finalmente, diferentes acciones de comunicación dirigidas a promover el uso de estas herramientas por parte de los actores locales en cada una de las zonas de estudio.

El impacto científico del proyecto también se prevé que sea elevado y con múltiples facetas. En primer lugar, la integración explícita de los diferentes enfoques planteados



El interés por el estudio de la ecología y la conservación de los hábitats esteparios y sus aves asociadas ha transcurredo en paralelo a la constatación del creciente grado de amenaza y progresiva desaparición de estos ambientes. / Foto: Gerard Bota.

tiene un alto valor añadido que hace que los productos generados, tanto desde el ámbito ecológico como desde un punto de vista agronómico, despierten interés en la comunidad científica. La conservación de especies de aves esteparias amenazadas no siempre se ha abordado mediante la utilización de un enfoque amplio, encaminado a la integración de las limitaciones derivadas de la realidad agrícola de la zona donde estas habitan. Esta aproximación además tiene más interés por el hecho de desarrollarse en una zona mediterránea, con una serie de limitaciones y oportunidades agrícolas muy distintas

a las del centro y norte de Europa, de donde proceden la mayoría de los estudios similares realizados hasta la actualidad.

Por último, los métodos de modelización espacial planteados en este proyecto, y más específicamente los desarrollos previstos en el campo de la modelización dinámica de la distribución de especies y el desarrollo de escenarios de paisaje, se identifican como áreas de investigación en los que “Un paso adelante” se adivina como especialmente innovador. Dada la necesidad de generar predicciones del impacto de los cambios ambientales sobre

la biodiversidad, este proyecto permitirá la adaptación de tales técnicas emergentes al estudio de las aves esteparias amenazadas. Esperamos pues que la consecución del proyecto “Un paso adelante”, financiado por la Fundación General CSIC dentro de la primera convocatoria de Proyectos Cero Especies amenazadas, aporte herramientas y soluciones para afrontar con éxito la conservación de las zonas esteparias españolas y que las metodologías desarrolladas puedan ser de ayuda en otras zonas y hábitats para afrontar el difícil reto de compaginar la conservación de la biodiversidad y el desarrollo económico sostenible. ■

Grupo de investigación

El enfoque pluridisciplinar de este proyecto ha exigido la participación de grupos de investigación de diferentes ámbitos. Lluís Brotons, Gerard Bota 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). Por su parte, Beatriz Arroyo y François Mougeot proceden del Grupo de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre y Cinegética del Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos del CSIC. La agronomía está representada por Carlos Cantero, miembro 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. Finalmente, Lourdes Viladomiu es la experta en economía de zonas rurales y pertenece al Equipo de Investigación sobre Desarrollo Rural del Departamento de Economía Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona, UAB.

El coordinador del proyecto, Lluís Brotons (CTFC) ha desarrollado líneas de investigación en ecología del paisaje, centradas en la determinación de los impactos de los cambios de uso del suelo sobre la biodiversidad en un contexto mediterráneo. Sus trabajos en el campo de la modelización espacial de la biodiversidad se complementan, en el marco del presente proyecto, con la experiencia de los restantes miembros del grupo en el análisis ecológico, agronómico y económico de los sistemas agrícolas de secano dominantes en grandes regiones de la península Ibérica.

La lapa *Patella ferruginea*: un invertebrado marino en peligro de extinción

La *Patella ferruginea* es una de las especies más emblemáticas desde el punto de vista de la conservación del medio marino en el Mediterráneo pues es, quizás, la especie más amenazada de extinción en este mar.

José Templado (1)

Javier Guallart (2)

(1) Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC

(2) Universidad Católica de Valencia

Las especies de la familia Patellidae se conocen vulgarmente como lapas. Dicha familia comprende cinco géneros: *Helcion*, con cuatro especies de las costas sudafricanas; *Cymbulla*, con ocho especies también de las costas de Sudáfrica, algunas de las cuales se extienden hacia el norte por ambos lados del continente africano y una de ellas alcanza el mar de Alborán (*C. nigra*); *Scutellastra*, con cerca de 20 especies en el Pacífico y el Índico, principalmente en el hemisferio sur; *Patella*, con unas diez

Se distingue muy bien de las otras lapas mediterráneas por su concha grande y recia y por las gruesas y elevadas costillas

especies del Atlántico nororiental y Mediterráneo, y *Ansatetes* (= *Patina*), con una sola especie en el Atlántico europeo (*A. pellucidus*). No obstante, la diferenciación específica es complicada y la taxonomía de la familia está sujeta continuamente a cambios.

Las lapas están vinculadas a mares templados o relativamente fríos, donde alcanzan la mayor diversidad específica y donde son los moluscos dominantes en la franja rocosa intermareal. La riqueza decrece en las zonas sub-

tropicales, y solo unas pocas especies han logrado adaptarse a los mares tropicales. La mayor variedad de lapas se concentra en las costas de Sudáfrica, mientras que en todo el continente americano solo está presente una especie de esta familia; se trata de *Scutellastra mexicana*, que precisamente es la que alcanza mayor tamaño. Dicho gasterópodo se distribuye por las costas del Pacífico americano, desde México hasta Perú.

La concha de las lapas es de forma muy uniforme, típica-

mente cónica o subcónica, más o menos deprimida, sin enrollamiento espiral y de contorno ovalado o casi circular. Suele ser gruesa, con costillas radiales más o menos conspicuas. La anatomía de *Patellidae* revela estructuras muy arcaicas, que demuestran que se trata de los gasterópodos actuales más primitivos.

Los patélidos constituyen una de las familias más exitosas de todos los gasterópodos en la conquista de la franja intermareal en sustratos rocosos, uno de los hábitats marinos que presenta condiciones más cambiantes y extremas. Buena parte de sus particularidades morfológicas y biológicas pueden ser interpretadas en función de la adaptación a este medio. Presentan una fuerte adherencia al sustrato y resisten muy bien la desecación. Son ramoneadores que se alimentan de distintos tipos de algas, principalmente de pequeño porte. Muy pocas especies se han independizado de los sustratos rocosos costeros, en cuyo caso viven sobre grandes algas infralitorales.

La mayor parte de las especies son hermafroditas proterándricas (los machos se corresponden con los individuos de menor tamaño), aunque también hay espe-



Ejemplar adulto de *Patella ferruginea* (aprox. 70 mm DM). / Foto: Javier Guallart.

cies de sexos separados. La fertilización es externa y sincrónica en ambos sexos. El desarrollo larvario consta de una corta fase nadadora de tipo trocoforiano.

En diversas zonas las lapas son recolectadas para consumo humano, por lo que las poblaciones de algunas de ellas se han diezmando de forma muy acusada. Ello es especialmente alarmante en las especies con áreas de distribución reducidas, como son las endémicas de determinadas zonas insulares. Es el caso de *Patella gomesi* en Azo-

res, de *Patella piperata* en Madeira, de *Patella candei* en Canarias o de *Patella lugubris* en las islas de Cabo Verde.

Asimismo, algunas lapas de las costas continentales se incluyen en diversas listas de especies amenazadas, como *Scutellastra mexicana* en las costas del Pacífico de Centroamérica o *Patella ferruginea* en el Mediterráneo suroccidental. Precisamente sobre esta última especie se centra el presente artículo.

Patella ferruginea

Se conoce con el nombre vul-

gar de lapa ferruginosa o lapa herrumbrosa (en inglés, *ferreous limpet*). Se trata de una de las especies más emblemáticas desde el punto de vista de la conservación del medio marino en el Mediterráneo pues es, quizás, la especie más amenazada de extinción en este mar. Las conchas de *Patella ferruginea* constituyen uno de los elementos más característicos de los concheros desde el Paleolítico al Neolítico en toda la cuenca mediterránea occidental. Ello indica que era consumida por el hombre desde muy antiguo.

Javier Guallart

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universitat de València, donde ha impartido la asignatura de acuicultura. Ha trabajado durante los últimos años en diferentes proyectos relativos a dos líneas de investigación principales: estudios sobre especies de interés pesquero y estudios sobre especies marinas amenazadas, particularmente invertebrados. Buena parte de estos últimos trabajos los ha llevado a cabo para el Organismo Autónomo de Parques Nacionales en las Islas Chafarinas, donde ha venido investigando aspectos de la biología y la dinámica poblacional de la lapa ferruginosa (*Patella ferruginea*) desde hace más de 10 años. Muchos de los conocimientos allí adquiridos han cambiado sustancialmente algunas ideas que se asumían sobre la biología de esta emblemática especie y han contribuido a sentar las bases de conocimientos para la elaboración de la Estrategia Nacional para la Conservación de *Patella ferruginea*. Es colaborador asiduo del equipo de José Templado y Annie Machordom del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

José Templado

Científico Titular del CSIC en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Ha centrado su investigación en el estudio de la biodiversidad marina en sus diferentes aspectos: taxonómicos, sistemáticos, evolutivos, biogeográficos y genéticos y en los relacionados con la biología reproductora y las especies invasoras. Ha participado en campañas oceanográficas por diversas partes del Mundo. Entre otros hallazgos, ha contribuido a esclarecer la evolución del genoma mitocondrial de los moluscos gasterópodos y ha descrito 25 nuevas especies para la ciencia. Asesora al Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino en todo lo relacionado con las reservas marinas y con las especies marinas amenazadas, habiendo publicado varios libros sobre estos temas. Ha participado como experto en la elaboración de los anexos del Convenio de Barcelona para la Protección del Mediterráneo, en la redacción de la Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de la Diversidad Biológica y en la elaboración de la Estrategia Nacional para la Conservación de la lapa *Patella ferruginea*.

Tal vez debido a la presión humana la especie ha ido desapareciendo de amplias zonas, sobre todo de la cuenca norte del Mediterráneo. En la actualidad, como detallamos más adelante, ha quedado relegada al sector occidental de la costa norteafricana, a puntos aislados del sur de España, de Córcega y de Cerdeña y a algunas pequeñas islas del Mediterráneo central. El declive de la especie, que puede haber sido potenciado ade-

más por el progresivo deterioro de la franja litoral, continúa de manera alarmante en nuestros días y muchas de sus poblaciones están a punto de desaparecer. Todo ello ha conducido a que esta lapa figure en diversas listas de especies amenazadas (Anexo IV de la Directiva Hábitat, Anexo II de los Convenios de Berna y de Barcelona). Asimismo, está incluida en el Catálogo Español de Especies Amenazadas con la categoría de “en

peligro de extinción” (BOE, 22 junio 1999, nº 148: 23921-23922). En este sentido, es preciso destacar que se trata del primer invertebrado y, a su vez, la primera especie marina para la que se ha elaborado en España una estrategia nacional para su conservación (publicada en 2009).

Se trata de un gasterópodo muy conspicuo por su gran tamaño, por las aparentes costillas que presenta su concha y por vivir por encima del nivel del mar.

Ello ha hecho de la especie una presa fácil y apetecible para el hombre. Puede llegar a superar los 10 cm de longitud, aunque lo normal es que las dimensiones máximas se sitúen entre 80 y 90 mm. Los ejemplares más grandes pueden superar los 180 g de peso total, o los 65 g del de su masa carnosa sin la concha. Se distingue muy bien de las otras lapas mediterráneas por su concha grande y recia y por las gruesas y elevadas costillas que presenta (entre 30 y 50), que determinan que el borde sea muy sinuoso. Las costillas son a menudo nodulosas y algo irregulares, y todo el conjunto suele estar erosionado y presentar organismos epibiontes, como balanos y algas. El color externo de la concha en los ejemplares limpios es de ferruginoso

a crema, y blanco marmóreo en su cara interna, con la zona central (impresión muscular) oscura y el borde interno pardo oscuro. El pie de los ejemplares adultos es de color amarillento anaranjado en su base, mientras que es gris oscuro en sus laterales. La región cefálica es asimismo de color oscuro, destacando los tentáculos de color negruzco. La concha de los juveniles de menos de 20 mm es muy característica: es muy aplanada y tiene un reducido número de costillas gruesas que se prolongan por el borde, confiriéndole un contorno estrellado. El color de fondo es blanquecino terroso, con gruesas franjas concéntricas oscuras que remontan por encima de las costillas.

En la actualidad *Patella ferruginea* se halla limitada a las costas del norte de África, entre el estrecho de Gibraltar (Ceuta) y el cabo Bon y la isla de Zembra (Túnez), a algunos puntos del sur de España, a la isla de Alborán, a las costas occidentales de Córcega y del norte de Cerdeña y a la isla de Pantelleria, en el canal de Sicilia. En las costas continentales francesas e italianas la especie parece haberse extinguido definitivamente en la actualidad, aunque existen algunas citas relativamente recientes en el litoral toscano. Asimismo, las poblaciones

de Córcega y Cerdeña parecen estar en regresión. En las costas peninsulares españolas estuvo extendida, hasta fechas muy recientes, por la zona que va desde del estrecho de Gibraltar hasta el cabo de Gata, si bien sus poblaciones han ido fragmentándose, diezmandose y desapareciendo progresivamente. En la actualidad, se estima que sólo queda, aproximadamente, un millar de ejemplares distribuidos por todo el litoral andaluz, los cuales posiblemente no lleguen a constituir núcleos reproductores.

Es en las costas norteafricanas donde todavía persisten poblaciones fructíferas de *Patella ferruginea*. En Melilla y en Ceuta existen contingentes importantes, si bien es en las Islas Chafarinas donde se encuentran las mejores poblaciones. Otro enclave privilegiado para la especie son las islas Habibas, en Argelia.

Esta lapa vive en el nivel mediolitoral superior, donde la cobertura algar es muy reducida y predomina una imperceptible película microbiana ("biofilm") de diatomeas, cianobacterias y propágulos de otras algas, de las que parece alimentarse. Casi siempre se halla por encima del nivel del mar, en la zona inferior ocupada por el balano *Chthamalus stellatus* y por encima

de los cinturones de algas rodofíceas y del vermético *Dendropoma petraeum*. Muestra preferencia por las zonas expuestas al oleaje, pero no en exceso.

Los adultos son muy sedentarios y sólo se desplazan para alimentarse, recorriendo cortas distancias, lo cual tienden a hacer cuando están bañados por el oleaje, preferiblemente con marea alta, y durante la noche. Cuando los ejemplares terminan su actividad alimenticia, retornan al mismo lugar de reposo (*homing behaviour*). Por ello, cada individuo deja una marca o "huella" en la roca, ya que crece un halo de algas calcáreas en el espacio situado entre la suela del pie y el borde de la concha.

La robustez de su concha y la fuerza adhesiva de su pie protegen a la especie de muchos depredadores, sobre todo en su fase adulta. Los principales son los cangrejos *Eriphia verrucosa* y *Pachygrapsus marmoratus*, así como el gasterópodo *Stramonita haemastoma*, que es capaz de perforar la concha incluso de adultos de hasta unos 60 mm. Se considera que *Patella ferruginea* es una especie longeva y de crecimiento lento. No alcanza la madurez sexual hasta el final del segundo año de vida y se tiene certeza de que puede superar los diez años. Algunos autores han

GLOSARIO

Algas rodofíceas: Algas rojas.

Cianobacterias: También conocidas como "algas verdes-azules", son un grupo de bacterias muy primitivas, capaces de realizar la fotosíntesis.

Diatomeas: Grupo de algas unicelulares muy comunes en los medios acuáticos y que se caracterizan por poseer una membrana más o menos rígida impregnada de sílice.

Especies hermafroditas proterándricas: Especies que inicialmente son machos y en algún momento de su vida cambian de sexo, transformándose en hembras.

Franja rocosa intermareal: Se denomina así a la franja costera que queda comprendida entre los niveles máximo y mínimo que alcanzan las mareas.

Organismos epibiontes: Aquellos que viven sobre la superficie de otros organismos vivos.

Ramoneadores: Se dice de aquellos animales que se alimentan raspando las pequeñas algas que crecen sobre el sustrato.

Trocóforiano: Término que hace referencia a la trocófora, un tipo de larva propio de algunos grupos de invertebrados marinos, como los moluscos.

Vermétidos: Grupo de moluscos gasterópodos de concha tubular (no enrollada en espiral) que se adhiere al sustrato.



Ejemplar adulto (aprox. 80 mm DM) cubierto de balanos y portando un juvenil (aprox. 18 mm DM) sobre su concha. Es bastante común que algunos juveniles se localicen sobre la concha de los adultos, lo cual en principio no implica que se hayan fijado originariamente sobre ésta. / Foto: Javier Guallart.



Imagen de ejemplares de 3 especies de lapas que coexisten en la zona: a la izquierda *Patella caerulea*, en el centro *Patella ferruginea* y a la izquierda *Patella rustica*. El ejemplar de *Patella ferruginea* es un adulto de pequeño tamaño, en torno a 40 mm DM. / Foto: Javier Guallart.

sugerido que incluso podría alcanzar los 35 años, aunque se requieren más datos para verificar este aspecto.

Ha existido una cierta controversia acerca del modo de reproducción de esta especie. Existe una marcada segregación de sexos por tallas: entre 25 y 40 mm todos los ejemplares son machos y, a partir de ahí, la proporción de las hembras crece progresivamente hasta ser predominantes entre los grupos de mayor talla.

Estos datos hicieron pensar que era una especie con hermafroditismo proterándrico. Sin embargo, estudios muy recientes han permitido verificar el cambio de sexo en los ejemplares, no sólo en el sentido de

macho a hembra, sino también en el contrario. Por ello es necesario investigar sobre los factores que determinan el cambio de sexo y su papel en la dinámica de sus poblaciones, así como sobre muchos otros aspectos desconocidos de la biología reproductora.

El ciclo reproductor anual se concentra sólo en un corto espacio de tiempo (agosto a noviembre), mientras que el resto del año presenta un reposo sexual completo. La freza tiene lugar a final de noviembre, al parecer sincronizada por el primer temporal, una vez que los ejemplares se encuentran maduros. El asentamiento de los juveniles se produce tras una corta fase larvaria nadadora y se pro-

duce en el mismo hábitat de los adultos. Sin embargo, se desconoce todavía la mayor parte de aspectos relativos a la vida larvaria en el medio natural, tanto su capacidad de dispersión, su ubicación en la columna de agua o los factores que inducen a las larvas a iniciar la metamorfosis.

En fechas recientes, la Fundación General CSIC ha concedido la financiación de un proyecto sobre esta especie dentro de la primera convocatoria de Proyectos Cero Especies Amenazadas titulado “Plan de acción para las propuestas de viabilidad de la lapa en peligro de extinción, *Patella ferruginea*”. Se trata de un proyecto a desarrollar en tres años con el que

se pretende estudiar en profundidad la reproducción de la especie, tanto en la naturaleza como en condiciones de cautividad. Se persigue conseguir individuos juveniles mediante técnicas de acuicultura y de esta manera poder restaurar poblaciones que hubieran sufrido los efectos de algún desastre natural.

Los trabajos de campo se desarrollarán mayoritariamente en las Islas Chafarinas (enclave protegido donde se localizan las mejores poblaciones de la especie) y se tendrá en cuenta la estructura genética de las poblaciones, tanto a nivel global como a escala local en el archipiélago, a la hora de plantear cualquier futura reintroducción de ejemplares. ■

Convocatoria Proyectos Cero FGCSIC en Envejecimiento

Financiamos los proyectos de investigación más innovadores y arriesgados. Por eso hemos creado un espacio propio para ellos.



Proyectos Cero
Envejecimiento



El plazo para la presentación
de solicitudes se abrirá el
15 de enero de 2011

Áreas temáticas financiables:

- Investigaciones psicosociales
en envejecimiento
- Investigaciones de tipo tecnológico
orientadas a los mayores

Más información

www.fgcsic.es | www.fgcsic.es/envejecimiento

Con el patrocinio de



Obra Social "la Caixa"

 **CSIC**



Fundación
General CSIC

03

**Con el objetivo
de la conservación**



El papel de un banco de germoplasma y tejidos en la conservación de especies amenazadas

Los diversos materiales biológicos que se conservan en el banco de germoplasma y tejidos aseguran la diversidad genética de las especies en forma prácticamente indefinida. Los gametos, embriones y tejidos somáticos conservados de esta manera pueden ser útiles a través del tiempo y del espacio, ya que pueden permitir el movimiento de material genético entre poblaciones y emplearse muchos años después de la muerte del animal donante.

Eduardo Roldán y
Montserrat Gomendio

Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC

La reducción y fragmentación de las poblaciones animales es un fenómeno cada vez más frecuente. Como consecuencia, existe un número cada vez mayor de especies que están amenazadas de extinción. En general, la causa principal del descenso del tamaño de poblaciones es la pérdida de hábitat como consecuencia del crecimiento exponencial de la población humana y del uso

intensivo de recursos que ello conlleva. Sin embargo, en otras especies la causa más importante de amenaza es la sobreexplotación.

¿Qué podemos hacer para detener y evitar la pérdida de especies?

Existe un amplio consenso alrededor de la idea de que la mejor estrategia para la conservación de la diversidad biológica es la preservación del

La conservación de especies amenazadas implica el funcionamiento de un banco de recursos genéticos de poblaciones naturales

medio natural (conservación *in situ*). Puesto que no siempre es posible preservar el hábitat natural, esta estrategia ha de complementarse con otras acciones de conservación que impliquen actuaciones más directas sobre las especies animales o de obtención, almacenamiento y uso de materiales biológicos derivados de estas especies. En el segundo caso (que se conoce como conservación *ex situ*) se



Es importante establecer de un repositorio de muestras biológicas en un banco de recursos genéticos. / Foto: Eduardo Roldán.

pueden diseñar e implementar actuaciones tales como programas de cría en cautividad y/o bancos de recursos genéticos para conservar biomateriales. Es importante tener presente que ambos tipos de iniciativas, es decir, la cría en cautividad y los bancos de recursos genéticos, no necesariamente han de ir juntos. Existen esfuerzos de conservación

de especies amenazadas que involucran el funcionamiento de un banco de recursos genéticos de poblaciones naturales pero que no recurren a la cría en cautividad. Pero sí es importante destacar que el establecimiento de un repositorio de muestras biológicas en un banco de recursos genéticos para conservar el máximo de diversidad biológica es

una iniciativa esencial que debe emplearse siempre que sea posible y antes de que el descenso de la diversidad biológica de las especies que interesa conservar sea manifiesto.

Ambos tipos de esfuerzos, la conservación *in situ* y la conservación *ex situ*, no deben verse como alternativas excluyentes. Por el contrario,

deben plantearse como actividades complementarias que interactúen, que se enriquezcan mutuamente y que permitan abordar esfuerzos de conservación más potentes y con más posibilidades de éxito. Existen ejemplos actuales, como los programas de conservación del lince ibérico, que nos están mostrando las enormes ventajas de avanzar en estos dos frentes de forma conjunta.

Consecuencias de la reducción en el tamaño de las poblaciones animales.

Las poblaciones naturales pueden disminuir de tamaño porque los individuos no se reproducen, porque aumenta la mortalidad o por ambos motivos. La reducción en el número de individuos incrementa la probabilidad de apareamientos entre animales relacionados, lo que conduce a un aumento de la consanguinidad y disminución de variabilidad genética. Se conocen en la actualidad varios efectos negativos sobre la reproducción femenina y la supervivencia de crías y juveniles, pero existe menos información en relación a los efectos sobre la reproducción masculina. Nuestro grupo de investigación ha realizado varios estudios sobre estos temas y se ha encontrado que los machos con niveles de consanguinidad elevados expe-

rimentan una reducción en la calidad de los espermatozoides, tanto en su motilidad como en su morfología. Debido a que algunos de los parámetros espermáticos que se ven afectados por la consanguinidad son cruciales para la fertilidad masculina es muy posible que los machos consanguíneos experimenten una fertilidad reducida. Esto es bastante obvio en casos extremos como en el de la pantera de Florida, en el que los machos mostraban una proporción muy alta de espermatozoides anormales (de alrededor del 90%). Esta parece ser también la situación del lince ibérico, del que hemos encontrado también una elevada proporción de espermatozoides anormales en el semen.

Hasta el presente, la mayor parte de los estudios han examinado características básicas de los espermatozoides y queda pendiente analizar el impacto sobre la función de los mismos (por ejemplo, en los mecanismos que preparan a los espermatozoides para participar en la fecundación).

De particular interés es también conocer el efecto de la consanguinidad sobre el ADN espermático, ya que este rasgo podría afectar a la viabilidad del embrión. Nuestro tra-

Uno de los objetivos primordiales de los esfuerzos de conservación que se realizan a través de un banco de recursos genéticos es intentar preservar material con un máximo de diversidad genética

bajo de investigación nos ha permitido poner de manifiesto por primera vez que, a medida que aumenta la consanguinidad, se incrementa el daño del ADN de los espermatozoides alcanzando niveles sorprendentemente elevados. Además, se ha encontrado que el nivel de daño en el ADN masculino está relacionado con la calidad seminal y la supervivencia de las crías.

La razón de conservar material biológico de especies amenazadas

Si tenemos en cuenta que la reducción en el tamaño de las poblaciones animales lleva a un descenso de variabilidad genética, uno de los objetivos primordiales de los esfuerzos de conservación que se realizan a través de un banco de recursos genéticos es intentar preservar material con un máximo de diversidad genética. Con este propósito se estableció el Banco de Germoplasma y Tejidos de Especies Amenazadas mediante un convenio entre el CSIC y el Ministerio de Medio Ambiente.

Desde sus inicios, uno de los objetivos del Banco incluye apoyar las iniciativas de conservación del lince ibérico y del visón europeo y, con el tiempo, se han ido incorporando otras especies de interés, como otras de lince y de felinos sudamerica-

nos. En colaboración con otras instituciones, también desarrollamos iniciativas de conservación de especies emblemáticas, como las gacelas norteafricanas y el panda gigante. En la actualidad el Banco funciona como un servicio de investigación del Museo Nacional de Ciencias Naturales, integrado en la estructura de este centro del CSIC.

Tipo de material biológico que merece la pena conservar

Por una parte, es de enorme interés conservar “germoplasma”, es decir semen (espermatozoides), óvulos o embriones, siguiendo protocolos adecuados de criopreservación. El germoplasma puede en su momento utilizarse mediante una diversidad de técnicas de reproducción asistida. Además, es importante conservar tejidos y células somáticas que pueden, potencialmente, emplearse en técnicas de transferencia de núcleo (clonación) o en la obtención de células pluripotentes.

Técnicas de reproducción asistida que pueden emplearse en especies amenazadas

La reproducción asistida ofrece soluciones a los problemas derivados de la consanguinidad. Las tecnologías repro-



Espermatozoides de gacela dama. / Foto: Eduardo Roldán.

ductivas pueden ser un buen complemento a los esfuerzos de conservación porque facilitan el manejo y el intercambio genético entre poblaciones. De todos modos, no es fácil poner en marcha el uso de tecnologías de repro-

ducción asistida en animales silvestres. Se requiere de un esfuerzo considerable para lograr formar equipos con personas que tienen historias, experiencia y programas de trabajo diferentes, organizar condiciones que permitan

la captura, recogida y procesamiento de muestras (en muchos casos en condiciones de campo), desarrollar investigación preliminar (generalmente en especies modelo) con el fin de explorar condiciones apropiadas para procesar, evaluar y almacenar el material biológico y, finalmente, pero no por ello menos importante, asegurar fuentes de financiación para iniciar las actividades y, sobre todo, para dar continuidad a estos esfuerzos.

Cuando se organizan programas de cría en cautividad para especies amenazadas se generan oportunidades para obtener y conservar gametos en condiciones más controladas y de individuos que disfrutan de mejor salud y nutrición. Una iniciativa de cría en cautividad puede integrarse en una estrategia más amplia de conservación *ex situ* y, siempre que sea posible, tiene que servir para apoyar actividades de conservación *in situ*. Así, la experiencia obtenida sobre aspectos reproductivos y sanitarios con el desarrollo del programa de conservación *ex situ* del lince ibérico ha sido empleada para recoger, manipular y almacenar células de la línea germinal masculina de individuos de vida silvestre.

En algunas especies, como es también el caso en el lin-

ce ibérico, se producen además muertes de animales por accidentes de carretera. Este hecho, aunque sea de lamentar, genera la oportunidad de recolectar y rescatar células germinales y tejidos somáticos de animales que no tendrían la posibilidad de reproducirse.

Los diversos materiales biológicos que se conservan en el banco de germoplasma y tejidos aseguran la diversidad genética de las especies en forma prácticamente indefinida. Los gametos, embriones y tejidos somáticos conservados de esta manera pueden ser útiles a través del tiempo y del espacio, ya que pueden permitir el movimiento de material genético entre poblaciones y emplearse muchos años después de la muerte de un animal.

Obtención y criopreservación de semen. Inseminación artificial

El almacenamiento de los espermatozoides mediante criopreservación es una herramienta muy importante en la conservación de gametos y en un manejo genético adecuado tanto para poblaciones cautivas como para aquellas en libertad. Como parte de un proyecto sobre desarrollo de técnicas de reproducción asistida en tres especies de gacelas norteafricanas, ga-

cela de Cuvier, gacela dama y gacela dorcas, hemos examinado factores que afectan al éxito de la criopreservación de semen. Como consecuencia de esta serie de estudios, hemos obtenido el primer nacimiento en el mundo de una gacela a través de inseminación artificial empleando semen criopreservado.

A su vez, en nuestros trabajos sobre congelación de semen de lince ibérico hemos logrado congelar espermatozoides de esta especie, siguiendo protocolos que previamente evaluamos en el gato doméstico y en el lince rojo. Estos primeros pasos nos han permitido iniciar una conservación sistemática de semen de machos del programa de cría en cautividad y también de machos de vida libre de Doñana. Más aún, utilizando esta metodología ha sido posible rescatar y criopreservar espermatozoides provenientes de epidídimos de animales muertos por atropello en carretera o que han fallecido por enfermedades.

Clonación por transferencia de núcleo

Esta técnica ha despertado interés recientemente. Existe mucho debate sobre la posible aplicación de la clonación a la conservación de especies en peligro de extinción, ya que se ha planteado su posible uso para “resca-

tar” o “resucitar” especies ya extinguidas como el tigre de Tasmania, el mamut o el bucardo. Además de las dificultades técnicas existentes, en estos casos su valor para la conservación es muy cuestionable. Dejando a un lado estos casos aislados, existen claras ventajas derivadas del uso de la clonación en especies amenazadas.

Contrariamente a los argumentos presentados inicialmente, la clonación podría ser de enorme utilidad en los esfuerzos de conservación, con el fin de preservar e incluso incrementar la variabilidad genética de las poblaciones. Mediante la clonación se podría evitar que se pierdan genotipos únicos muy valiosos, o reproducir animales sin “extraerlos” de la naturaleza.

Por estos motivos, hemos comenzado a obtener y conservar tejidos y células somáticas de especies amenazadas. En particular, hemos puesto mucho esfuerzo, en colaboración con los programas de conservación *in situ* y *ex situ* del lince ibérico, para poner a punto técnicas de cultivo de tejidos y criopreservación de tejidos y células, obtenidos tanto de necropsias de animales que mueren por accidentes o enfermedades, como de biopsias de los animales que se examinan du-

Es de enorme interés conservar “germoplasma”, es decir semen (espermatozoides), óvulos o embriones, siguiendo protocolos adecuados de criopreservación

co de Germoplasma y Tejidos de Especies Amenazadas almacenados actualmente tejidos y células viables de más de 250 individuos de lince ibérico, un repositorio extremadamente valioso para la conservación de la especie.

Producción de gametos a partir de células madre embrionarias o células somáticas

Las células madre embrionarias son células pluripotentes derivadas de los embriones tempranos antes del momento de la formación de las capas de tejido germinal. Estas células exhiben una capacidad indefinida de proliferación. Varios grupos de investigación han demostrado que las células madre embrionarias de ratón pueden diferenciarse hacia células germinales primordiales (PGCs) y, en forma subsiguiente, hacia estadios tempranos de gametos (oocitos y espermatozoides). Las células espermáticas inmaduras de ratón, derivadas en cultivo a partir de células madre embrionarias, son capaces de generar crías vivas.

rante seguimientos de poblaciones en la naturaleza o en exámenes sanitarios y reproductivos. Como resultado de estos trabajos, nuestro Ban-

Estas posibilidades dependen de la disponibilidad de células madre embrionarias. Sin embargo, no será fácil obtener células madre embrionarias a partir de embriones de especies silvestres producidos *in vitro* debido a la poca

disponibilidad de material y a dificultades técnicas. Por ello, cabe la posibilidad de pensar en el uso de transferencia de núcleos de células somáticas, con oocitos heterólogos, para obtener células madre en estas especies. En este contexto, la transferencia de núcleos podría ser mucho más eficiente que cuando se emplea para fines reproductivos.

Además de células madre embrionarias, se han podido desarrollar células pluripotentes inducidas (iPS) a partir de células somáticas de ratones o humanas. Este método, que no involucra el uso de células provenientes de embriones, consiste en el empleo de una combinación mínima de genes para transformar una célula somática, por ejemplo, un fibroblasto, en una célula madre de características similares a las células madre embrionarias.

Estos descubrimientos, que han revolucionado el campo de la medicina regenerativa, tienen importantes implicaciones también en el uso de estas células para la conservación de especies amenazadas ya que, habiendo sido posible obtener gametos haploides a partir de células madre embrionarias, cabría pensar que también ha de ser posible generar gametos a partir de estas células pluripotentes inducidas.

El uso de células madre embrionarias o de células pluripotentes inducidas tiene implicaciones excepcionales ya que, pensando más en posibles aplicaciones a especies amenazadas, podrían permitir la producción de gametos "sintéticos". Cabe pensar que en el futuro tal vez puedan emplearse en reproducción asistida espermatozoides de especies amenazadas generados de esta manera, con una provisión virtualmente ilimitada.

En resumen, la diversidad biológica de nuestro planeta está atravesando una grave crisis. Necesitamos diseñar estrategias para frenar este deterioro y, en la medida de lo posible, revertirlo. Somos responsables en gran medida de esta situación y, por ello, tenemos la obligación de actuar. Desde nuestros campos de especialidad cada uno de nosotros puede realizar una contribución importante.

El desarrollo y la implementación de tecnologías de reproducción asistida en especies amenazadas, basados en material biológico conservado en bancos de gamoplasma y tejidos, nos facilitarán opciones de manejo para promover flujo génico. Esta tarea, que ha de involucrar a muchos, requiere de infraestructura y de financiación continuada. ■

Eduardo Roldán

Licenciado en Veterinaria, Doctor en Ciencias Biológicas y Profesor de Investigación del CSIC en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, donde codirige el Grupo de Ecología y Biología de la Reproducción (GEBIR). Ha realizado estancias postdoctorales en la Universidad de Hawaii (Estados Unidos) y en el AFRC Institute of Animal Physiology (Cambridge, Reino Unido) con apoyo de la Rockefeller Foundation y la Lalor Foundation. Ha sido Senior Research Scientist del Babraham Institute (Cambridge) y también Full Professor y Director del Programa de Reproducción Animal y Biología del Desarrollo en la Universidad de Londres. Es Miembro de la Real Academia de Ciencias Veterinarias del Instituto de España.

Es especialista en biología de la reproducción en mamíferos, con especial interés en gametos, fecundación y desarrollo embrionario, y en aplicaciones de biotecnologías reproductivas a animales domésticos y silvestres, incluyendo especies en peligro de extinción. En 2005, junto con la también investigadora del CSIC Montserrat Gomendio, consigue el nacimiento de una cría de gacela Mohor, especie en peligro crítico de extinción, con el empleo de semen congelado y técnicas de reproducción asistida.

Montserrat Gomendio

Doctora en Zoología por la Universidad de Cambridge (Reino Unido). Posteriormente, Research Fellow en Trinity Hall y profesora asociada en el Departamento de Zoología de la Universidad de Cambridge. Se incorpora al Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) en el año 1991 donde crea junto a Eduardo Roldán el grupo de Ecología y Biología de la Reproducción (GEBIR). Miembro correspondiente de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Sus líneas de trabajo abarcan la ecología de la reproducción, la evolución de estrategias reproductivas, la evolución del cuidado parental, el papel de la selección sexual en la especiación, la reproducción en especies en peligro de extinción, los efectos deletéreos de la consanguinidad y la conservación de la biodiversidad.

Directora del Museo Nacional de Ciencias Naturales desde 1997 hasta 2002, y Vicepresidenta de Organización y Relaciones Institucionales del CSIC entre 2003 y 2004. En la actualidad es Profesora de Investigación del CSIC en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid.

Los programas de cría en cautividad: una herramienta necesaria para la conservación de especies amenazadas

La cría en cautividad de una especie es un proceso mediante el cual se pretende alcanzar un tamaño de población suficientemente grande que permita, mediante proyectos de reintroducción o de reforzamiento, su restablecimiento en una o varias de las zonas en las que históricamente se distribuía dicha especie.

Eulalia Moreno Mañas

Estación Experimental de Zonas Áridas, CSIC

La crisis de la biodiversidad y la destrucción del medio ambiente son hechos patentes hoy en día y se manifiestan en la pérdida y disminución de especies en todo el planeta. Una medida de esta pérdida de diversidad biológica nos la da lo que se conoce con el nombre de Índice Planeta Vivo (Figura 1). Su utilización como indicador del estado de la biodiversidad a escala global nos informa de

que las poblaciones de vertebrados han disminuido casi un 30% en el período comprendido entre 1970 y 2007. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), si nos centramos en las especies de mamíferos existentes en el planeta, el 23% de ellas se encuentran amenazadas en mayor o menor grado. La degradación de su hábitat y la fragmentación de sus poblaciones sue-

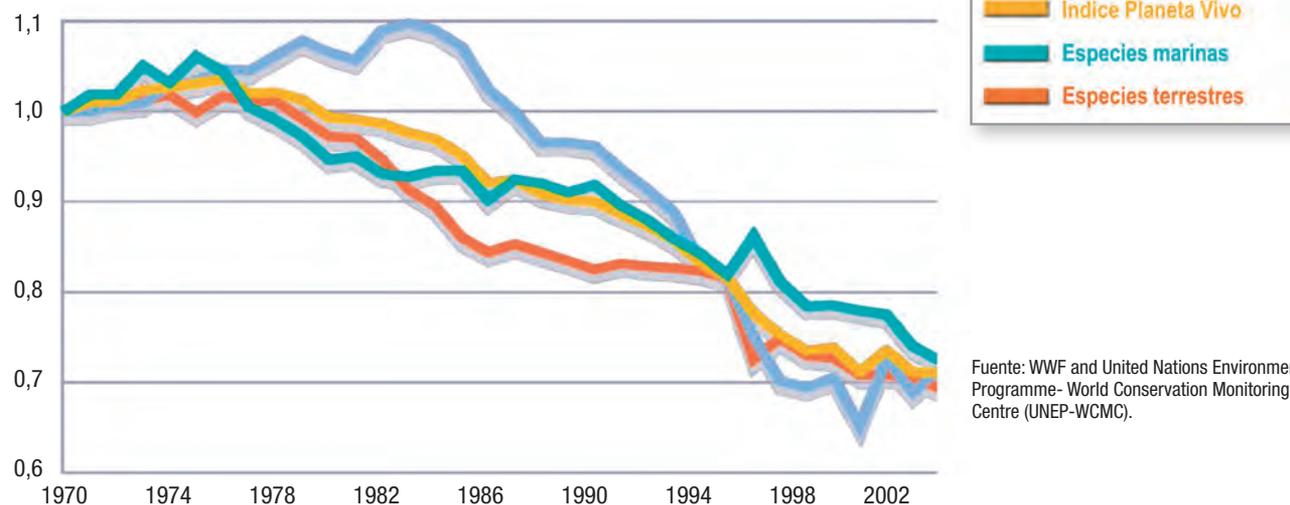
Los zoológicos europeos están involucrados en 71 programas de cría en cautividad de especies amenazadas

len ser las causas principales de su declive, si bien la presión cinegética y la competencia con fauna doméstica también han desempeñado un papel importante en la desaparición de muchas de estas especies, hasta hace poco abundantes en la naturaleza en estado silvestre.

Ante esta situación de pérdida de biodiversidad se necesitan herramientas que permi-

Índice Planeta Vivo

INDEX (1970=1.0)



Fuente: WWF and United Nations Environment Programme- World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC).

Figura 1. El Índice Planeta Vivo es un indicador del estado de la biodiversidad del planeta. Mide tendencias en poblaciones de vertebrados que ocupan ecosistemas terrestres, de agua dulce y marinos.

tan restaurar las poblaciones de algunas de ellas.

La UICN, en sus Directrices técnicas sobre la gestión de poblaciones *ex situ* para su conservación (2002), considera que “una meta para conservar la naturaleza es salvaguardar la diversidad genética actual, así como una serie de poblaciones silvestres viables de todos los taxones, con el fin de mantener las interaccio-

nes biológicas, las funciones y los procesos ecológicos en los que dichos taxones están implicados”. Y prosigue diciendo que: “Las amenazas a la diversidad biológica *in situ* (es decir, donde quiera que se encuentre) están aumentando de manera inexorable, y los taxones deben sobrevivir en ambientes cada vez más modificados por el ser humano. Las amenazas que incluyen pérdida de hábitat, aprovechamiento insoste-

nible, cambio climático, aparición de organismos invasores y patógenos pueden ser difíciles de controlar”.

Y concluye señalando que “la realidad de la situación actual es que seremos incapaces de asegurar la supervivencia de un número creciente de especies amenazadas sin el uso efectivo de una variada gama de técnicas de conservación, incluyendo, para algu-

nos taxones, el incremento de las técnicas de conservación *ex situ*”.

Pues bien, los programas de cría en cautividad representan una de esas técnicas de conservación *ex situ* (es decir, llevadas a cabo fuera del rango de distribución de la especie en cuestión) que propugna la UICN; y quizá esta sea la más importante para intentar evitar la total extinción de



En un programa de cría en cautividad los emparejamientos reproductivos no se realizan al azar. / Foto: Gabinete de prensa de CSIC.

algunas especies amenazadas. Aunque sería deseable no tener que recurrir a estos programas, a veces representan la única y última alternativa, para evitar la completa extinción de estas especies en sus hábitats naturales. Y es bueno, además, reconocerlo a tiempo para ponerlos en marcha mientras aún quedan disponibles en la naturaleza individuos suficientes para evitar uno de los principales inconvenientes de la cría en cautividad: partir de un número de individuos fundadores en la población cautiva tan pequeño que no sea posible mantener la variabilidad genética de la especie dentro de los niveles necesarios que aseguren su viabilidad ulterior.

La cría en cautividad de una especie es un proceso mediante el cual se pretende alcanzar un tamaño de población suficientemente grande que permita, mediante proyectos de reintroducción o de reforzamiento, su restablecimiento en una o varias de las zonas en las que históricamente se distribuía dicha especie. Para ello, y aunque existen algunos centros especializados para la cría de especies amenazadas, se cuenta mayoritariamente con la colaboración de numerosos núcleos zoológicos repartidos por todo el mundo, y por los que se dispersan pequeños

grupos de individuos de diferentes programas de cría. Esto permite contar con una mayor disponibilidad de espacio y, por tanto, poder aumentar el tamaño de la población cautiva.

Pero, sobre todo, evita que, en caso de enfermedad o epidemia, se vea afectado el conjunto de la población cautiva. La participación de instituciones zoológicas en la conservación de especies amenazadas a través de programas de cría en cautividad ha sido decisiva, sobre todo en los últimos 30-40 años.

Baste señalar que, solo considerando las especies de mamíferos, los zoológicos europeos están involucrados en 71 programas de cría en cautividad de especies amenazadas que incluyen el oso pardo, el orangután, el órix de Arabia y el guepardo. Todos ellos están avalados por la Asociación Europea de Zoológicos y Acuarios (EAZA), bajo cuyos auspicios se coordinan internacionalmente, y constituyen los llamados EEPs (en alemán, *Europäisches Erhaltungszucht Programm*), siglas con las que se denomina de manera habitual a estos Programas.

En un programa de cría en cautividad los emparejamientos reproductivos no se realizan al azar. Machos y hembras

se cruzan de tal modo que se preserve al máximo su variabilidad genética y se obtenga una población demográficamente estable. Por esta razón estos programas utilizan como herramienta de gestión los denominados *studbooks* (Abáigar 2002; Barbosa y Espeso 2005; Moreno y Espeso 2008) o libros de registro de pedigrí, que incluyen todos los animales en cautividad de dicha especie que existen en el mundo y que forman parte de su programa de cría. En ellos se informa sobre sus fechas de nacimiento y muerte, la identificación individual de sus parentales y su localización en cada momento de su vida. La identificación individual se realiza mediante la asignación a partir de su nacimiento del denominado “número de *studbook*” que representa el carnet de identidad del individuo y permite identificarlo hasta su muerte.

Sin embargo, aunque los programas de cría en cautividad de especies amenazadas se hayan revelado como una herramienta útil para el mantenimiento de ciertas especies deben ser considerados solo como procedimientos de apoyo al mantenimiento de las poblaciones silvestres pero nunca como sustitutos de ellas. Representan un componente más dentro de una acción mucho más general como es la conservación de una deter-

minada especie y que implica también la conservación de su hábitat, el desarrollo de investigaciones que aumenten el nivel de conocimiento científico que se tiene sobre ella, la educación, la formación, etc.

Finca Experimental La Hoya: una instalación singular del CSIC para la conservación de especies amenazadas

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) mantiene, desde hace casi 40 años, en uno de sus institutos de investigación, la Estación Experimental de Zonas Áridas de Almería (EEZA), unas instalaciones en las que se conservan y estudian las más abundantes poblaciones (en algunos casos las únicas) de cuatro especies de mamíferos ungulados norteafricanos amenazados o en peligro de extinción. La Finca Experimental La Hoya, que así se llama esta instalación, comienza su andadura en 1950. El CSIC la adquiere con el fin de desarrollar la parte experimental de las líneas de investigación que se llevaban a cabo por entonces en el Instituto, relacionadas fundamentalmente con plantas de interés socioeconómico. En los años setenta, la EEZA se transforma: pasa de ser un centro dedicado a la investigación en Ciencias Agrarias a otro dedicado al estudio de los Recursos Naturales. La Hoya sufrió una

TERMINOLOGÍA DE LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN)

Reintroducción

Intento de restablecer una especie en un área que formó parte de su distribución en el pasado.

Reforzamiento

Adición de individuos de una especie a una población ya existente, aunque pequeña.

Especie restablecida

Se considera que una especie ha sido restablecida cuando su reintroducción ha sido exitosa y su futuro ya no depende de la actuación del hombre sobre ella, sino que sobrevive por sí misma.

disminución de su actividad experimental, hecho que fue aprovechado por José Antonio Valverde, a la sazón Profesor de Investigación del CSIC, para instalar en ella un centro para la recuperación de mamíferos norteafricanos en peligro de extinción. Nace así el Parque de Rescate de Fauna Sahariana con el objetivo de evitar la extinción de una serie de especies de ungulados provenientes de esta zona de África: *Gazella dama mhorh*, *Gazella dorcas neglecta*, *Gazella cuvieri* y *Ammotragus lervia sahariensis*. El 19 de octubre de 1971, se crea oficialmente el Parque de Rescate de Fauna Sahariana como una unidad de apoyo y servicio de la EEZA

para llevar a cabo los programas de cría en cautividad de las cuatro especies que trajo Valverde. Manuel Mendizábal, entonces director de la EEZA, apoyó la iniciativa desde su gestación y el Dr. Valverde depositó toda su confianza en Antonio Cano para iniciar los programas de cría en cautividad en Almería.

Los programas de cría en cautividad que se llevan a cabo en La Hoya desde 1971 representan una iniciativa única en el mundo para la conservación de ungulados. El trabajo desarrollado por la EEZA del CSIC ha contribuido de manera notable a evitar la total extinción de estas especies.

Más de 30 zoológicos en el mundo tienen animales descendientes de los nacidos en Almería y son instituciones adheridas a los programas de cría en cautividad coordinados desde la EEZA del CSIC. Y, en concreto, tres de sus cuatro programas de cría en cautividad son actualmente reconocidos oficialmente a nivel europeo, los correspondientes a las gacelas de Cuvier, *dama* y *dorcas*, pues se desarrollan bajo los auspicios de la European Association of Zoos and Aquaria (EAZA).

El objetivo fundamental que ha perseguido durante toda su historia el CSIC con estos programas de cría en cautividad ha sido el de incrementar el número de individuos de cada una de estas especies, preservando al máximo su variabilidad genética y realizando un manejo demográfico y genético intensivo que asegure la estabilidad de sus poblaciones. Este objetivo ha sido, sin duda, alcanzado, y baste para demostrarlo considerar el incremento en el número de efectivos poblacionales que en los casi 40 años de existencia del Parque se ha producido: de apenas 30 individuos fundadores de las cuatro especies se ha pasado a más de 800 en la actualidad, contando los existentes actualmente en La Hoya y los 'exportados' a zoológicos, parques nacio-



Eulalia Moreno con uno de los trillizos de gacela de Cuvier nacido en cautividad. / Foto: CSIC.

nales africanos y otros centros de cría en cautividad.

Como infraestructura asociada a los programas de cría en cautividad, y en colaboración con investigadores del Museo Nacional de Ciencias Naturales, se inauguró en 2003 un Banco de Recursos Biológicos en La Hoya. En él se almacena material biológico, mayoritariamente células reproductivas, de las especies

de ungulados que existen en La Hoya, a partir del cual se han realizado experiencias de reproducción asistida que han culminado con el nacimiento por primera vez en el mundo de una gacela engendrada mediante inseminación artificial con semen congelado (Garde et al. 2006; Roldán et al. 2006).

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el fin últi-

Eulalia Moreno Mañas

Doctora en Biología por la Universidad Complutense. Es Profesora de Investigación en la Estación Experimental de Zonas Áridas (Almería) del CSIC.

Ha publicado más de 50 trabajos de investigación y dirigido siete tesis doctorales. Investigadora Principal de 19 proyectos/contratos nacionales e internacionales. Ha organizado diversas reuniones científicas, cursos y congresos, nacionales e internacionales. Es miembro del Consejo Científico del Programa MaB-España de la UNESCO, y lo ha sido del Comité de Reservas de la Biosfera de Andalucía y del Comité de Gestión del European Topic Centre on Nature Conservation de la Agencia Europea de Medio Ambiente. Ha formado parte del Comité de Expertos del Programa Nacional de Promoción General del Conocimiento-Biología de Organismos y Sistemas. Es miembro del Comité Científico de la Asociación Europea de Zoos y Acuarios (EAZA) y coordinadora del Programa Europeo de Cría en Cautividad de la Gacela de Cuvier desde 2007.

mo de la cría en cautividad de una especie es intentar restablecer, mediante proyectos de reintroducción o de reforzamiento, la especie amenazada en una o varias de las zonas en las que históricamente se distribuía. Pero el éxito de estos proyectos ha sido muy dispar en todo el mundo (Stanley Price & Soarer 2003) y su valor como herramienta de conservación muchas veces puesto en entredicho.

Depende de muchos factores, ya sean de carácter social y político (debe contar tanto con el apoyo del Gobierno como con el de los ciudadanos) y de índole científica y técnica (escaso conocimiento científico de diversos aspectos de la especie implicada: uso del hábitat, depredadores, posible efecto de las actividades humanas sobre sus poblaciones en el área de la reintroducción, enfermedades, etc). Me atrevería a decir que, una vez resueltos todos estos aspectos, las probabilidades de fracaso en una reintroducción son escasas. Es decir, si una reintroducción está basada en el conocimiento científico de la especie y de su entorno, y tiene el apoyo de las autoridades competentes y de la ciudadanía, cuenta con una gran parte del camino de su éxito ya recorrido. Falta, por supuesto, que las presiones que llevaron a la especie a un cierto grado de amenaza no sigan actuando después de la reintroducción, y en esto vuelven a desempeñar un papel importante las autoridades del país en cuestión.

Los programas de cría en cautividad de La Hoya también han sido parte importante en diversos proyectos de reintroducción, e igualmente con éxito dispar. Me permito

Los programas de cría en cautividad de especies amenazadas deben ser considerados solo como procedimientos de apoyo al mantenimiento de las poblaciones silvestres pero nunca como sustitutos de ellas

señalar como modelo hasta la fecha el realizado con gacela dorcas en Senegal. Este proyecto, liderado por la Dra. Teresa Abáigar desde la EEZA e iniciado en 2007, ha tenido el pleno apoyo de las autoridades del CSIC desde sus comienzos. En la actualidad se encuentra en su tercera fase de desarrollo y está consiguiendo la restauración de esta especie en dos reservas de fauna de este país africano, donde apenas quedaban algunos ejemplares a finales de los años 90.

Los programas de cría en cautividad que se coordinan en la EEZA permiten además utilizar a sus animales como modelos de estudio en proyectos de investigación con objetivos muy diversos: evolución de estrategias vitales, técnicas de reproducción asistida, patología y sanidad animal, conducta animal... En general, proyectos pluridisciplinarios que se realizan en colaboración con otros grupos de investigación nacionales y extranjeros cuyos resultados redundan en la mejora del manejo y gestión de las poblaciones que se custodian en Almería. En definitiva, permiten al CSIC cumplir con el principal compromiso que tiene a nivel mundial en términos de conservación de esta fauna amenazada: conservar su presente y asegurar su futuro.

La divulgación

Pero es también misión del CSIC transferir el conocimiento que en él se genera a través de la divulgación. Recientemente se ha creado en La Hoya un centro de visitantes donde, de manera didáctica y divulgativa, se ofrece al público interesado una visión del papel del CSIC en la conservación de especies, utilizando para ello los programas de cría en cautividad que coordina.

Los objetivos de este centro son fundamentalmente: 1) mejorar la percepción del público acerca de la importancia del mantenimiento y conservación de la diversidad biológica y profundizar en su comprensión; 2) ofrecer información que incremente el conocimiento sobre fauna amenazada mediante la actividad científica y la exhibición de ejemplares de especies en peligro de extinción, con el fin de concienciar a la sociedad de la importancia de este valioso patrimonio natural; 3) poner en conocimiento del público en general la existencia de un centro único en su género y reconocido a nivel mundial en los círculos científicos dedicados a la conservación de la biodiversidad; y 4) conseguir que personas de muy diversas edades y niveles educativos disfruten aprendiendo a respetar y conservar la naturaleza. ■

Personas Mayores Voluntarias

Mucho que aportar

Vivencias, valores, conocimientos, ideas, solidaridad... Las personas mayores tienen mucho que ofrecer. Desde los centros de mayores de la Obra Social "la Caixa" fomentamos su papel activo en la sociedad, animándoles a participar en las múltiples actividades que desarrollan las asociaciones de voluntarios que impulsamos.

Porque la experiencia de las personas mayores es un gran valor para la sociedad.



Palmira Calvo, voluntaria en el Centro Penitenciario de Picasent (Valencia)

| ENTREVISTA |

Miguel Ángel Valladares

Director de Comunicación de WWF España

“Solamente modificando el actual modelo de desarrollo y encontrando un nuevo escenario de sostenibilidad, podremos encarar con cierto optimismo esta crisis ambiental”

Durante los últimos 550 millones de años se han contabilizado cinco extinciones masivas de especies que acabaron con gran parte de la vida en la Tierra. ¿Estamos asistiendo, en la actualidad, a la sexta extinción?

Según la UICN, cada año se extinguen entre 10.000 y 50.000 especies, lo que significa una tasa de extinción actual entre 100 y 1.000 veces superior a la natural. La última "Lista Roja" de este organismo

Miguel Ángel Valladares expone que evitar la desaparición de especies es posible si centramos todos los esfuerzos en conservar activamente la biodiversidad y aumentar la biocapacidad terrestre

internacional cifró en más de 47.000 el número de especies amenazadas en el mundo. El último informe Planeta Vivo de WWF, que mide el estado de la biodiversidad global analizando las tendencias de casi 8.000 poblaciones de más de 2.500 especies terrestres, marinas y de agua dulce, concluyó que en los últimos 50 años hemos perdido el 30% de la biodiversidad y, con ella, servicios ecosistémicos esenciales para la propia supervivencia

del hombre como alimentos, agua dulce, medicinas... Todos estos datos científicos nos indican, efectivamente, que nos encontramos en un periodo de extinción masiva, similar al que produjo la desaparición de los dinosaurios.

Caminamos por la senda de la sexta extinción pero, en este caso, y por primera vez en la historia del planeta, provocada y acelerada por el impacto de las actividades humanas,

WWF España

WWF España es la sección española del WWF, una de las mayores organizaciones internacionales independientes dedicadas a la conservación de la naturaleza. WWF fue creada en 1961 y en España se formó en 1968. Su compromiso con el mundo es que trabajando todos juntos podamos encontrar las mejores soluciones para salvar la naturaleza.

WWF trabaja por un planeta vivo y su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:

- **Conservando la diversidad biológica mundial.**
- **Asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible.**
- **Promoviendo la reducción de la contaminación y el consumo desmedido.**

En la actualidad, WWF opera en más de 100 países, con el apoyo de cerca de cinco millones de personas en todo el mundo. Sus iniciales y el famoso logotipo del panda se han convertido en el emblema de la causa común de quienes se preocupan por el futuro del planeta y quieren ayudar a conservarlo de manera sostenible. La red de WWF consta de 30 oficinas nacionales, 20 de programa y cuatro organizaciones asociadas a WWF.

Fuente: WWF España.

sobre todo desde la época post-industrial. Destrucción o alteración de hábitats, sobreexplotación de especies, contaminación, cambio climático e invasión de especies alóctonas son las principales causas de esta pérdida de biodiversidad sin precedentes.

Según el Programa de Naciones Unidas para el Medio

Ambiente (PNUMA), el listado de especies amenazadas es cada vez mayor. Algunas previsiones sostienen que, de seguir este ritmo, a mitad de siglo habrán desaparecido el 30% de las especies. ¿Es posible paliar estas alarmantes previsiones?

Todas las previsiones científicas así lo apuntan. Aunque la crisis de biodiversidad es global, es-

pecialmente preocupante es el descenso de las especies ligadas a medios dulceacuícolas, por la desaparición y contaminación de sistemas fluviales, humedales y lagunas: en tan solo 40 años ha desaparecido la mitad de este tipo de hábitats. Por esta razón, los anfibios y peces de agua dulce son los principales perjudicados.

Solamente modificando el actual modelo de desarrollo y encontrando un nuevo escenario de sostenibilidad, donde el crecimiento económico y el progreso no pongan en peligro la base de los recursos naturales, podremos encarar con cierto optimismo esta crisis ambiental.

Evitar la desaparición de especies, más allá de los límites biológicos de la extinción, es posible si centramos todos los esfuerzos en detener o minimizar el impacto de los factores causales, en conservar activamente la biodiversidad y en aumentar la biocapacidad terrestre a través de medidas como la preservación de ecosistemas, la restauración de áreas degradadas, la lucha contra la contaminación y la disminución del impacto agrario.

¿Cuántas especies amenazadas hay en España? Y ¿qué animales se encuentran en peligro de extinción? España alberga la mayor bio-

diversidad de Europa: unas 85.000 especies de fauna y flora, lo que significa cerca del 80% del total de especies de plantas vasculares que hay en Europa y más de la mitad de todas las especies animales encontradas en el Viejo Continente. Además, el nivel de endemismo es muy elevado: de las 8.000 plantas vasculares, 15.000 hongos, 50.000 invertebrados y 637 especies de vertebrados, casi la mitad son exclusivas de nuestro país.

Según el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (CNEA), hay 610 taxones amenazados, siendo las aves el grupo que contiene más especies en situación poco favorable (47%), seguido de la flora (22%), mamíferos (10%) y reptiles (8%). En España se han extinguido al menos 17 especies animales y 24 especies vegetales en los últimos cien años y el 26% de las especies de vertebrados se encuentra actualmente incluido en categorías de conservación poco favorables. Las especies declaradas en peligro de extinción se han duplicado en los últimos 25 años.

Las especies más emblemáticas que tienen un estado de conservación más delicado incluyen el lince ibérico, el águila imperial, el buitre negro, el oso pardo, el quebrantahuesos, el urogallo, el visón europeo y la malvasía.

¿Qué hace WWF España para evitar la extinción de la flora y la fauna? ¿Cuáles son sus campos de acción?

Uno de los programas de trabajo más veteranos e importantes de WWF España es el de conservación de la biodiversidad, cuyo objetivo primordial es evitar que las causas que están provocando la desaparición de especies sigan actuando. Para ello, WWF desarrolla proyectos de conservación *in situ* de especies y sus hábitats, como los del lince ibérico, alimoche o águila imperial; gestiona importantes reservas de fauna, como el Refugio de Rapaces de Montejo de la Vega, en Segovia; promueve el desarrollo y la aplicación de normativas, actuaciones o medidas para la defensa y conservación de las especies y su medio; impulsa el desarrollo de planes de recuperación de especies y planes regionales de lucha contra el veneno; interviene activamente en los procesos de participación pública relacionados con infraestructuras, denunciando su impacto; desarrolla muchas actividades de conservación en el entorno del Parque Nacional de Doñana; o realiza un seguimiento continuado del estado de aplicación de la Red Natura 2000, el instrumento legal europeo más ambicioso e importante.

Pero, además, todo el trabajo de WWF gira en torno a



Miguel Ángel Valladares. Director de Comunicación de WWF España. / Foto: WWF España.

una estrategia ecosistémica, es decir, en torno a la conservación y desarrollo sostenible de los principales sistemas naturales que albergan nuestra biodiversidad: bosques, sistemas dulceacuícolas, medio rural, mares y costas. La integración del medio ambiente en las grandes políticas sectoriales (agricultura, pesca, comercio, industria, infraestructuras), es también otra línea de acción de WWF. De esta manera, realmente toda la actividad de nuestra Organización, a escala nacional e internacional, repercute sobre el estado de con-

servación de la fauna y flora amenazada.

¿Hay algún programa de recuperación de especies en peligro de extinción de carácter público y/o privado en España?

Dependiendo de la categoría de amenaza, las administraciones tienen la obligación legal de desarrollar planes de recuperación, conservación o manejo de las especies incluidas en el CNEA. En el caso de las especies en peligro de extinción, es obligatorio que la administración competente desa-

Miguel Ángel Valladares

Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid (1987), especialidad Zoología. En 1987 se incorpora al Departamento de Conservación del WWF/Adena. En 1991 es nombrado Jefe del Área de Biodiversidad, siendo representante del Grupo de Trabajo de Biodiversidad del Consejo Asesor de Medio Ambiente y de las comisiones de fauna y espacios naturales del Comité Español de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Desde 1998 es Director de Comunicación de WWF España. Autor de unos 300 artículos y publicaciones divulgativas y científicas sobre cuestiones ambientales. Es asesor en temas medioambientales de editoriales y organismos públicos. Asimismo, imparte clases en los másteres de comunicación ambiental organizados por universidades como la Pompeu Fabra de Barcelona o la Carlos III de Madrid.

rrolle y aplique un plan de recuperación que asegure la viabilidad de las poblaciones y adopte las medidas de conservación necesarias para recuperar la especie.

Sin embargo, y hasta el momento, faltan por aprobar cerca del 80% de los planes de conservación de especies por parte de las CCAA. En este sentido es significativo que para una especie tan amenazada como el lince ibérico, tan sólo dos de las cinco regiones donde la especie está presente tenga aprobado el obligatorio plan de recuperación o que

comunidades autónomas como Madrid y Andalucía no hayan aprobado oficialmente ni un solo plan de conservación de especies.

Hay también muchas iniciativas privadas de conservación de especies que ayudan a mejorar el estado de conservación de las mismas, entre ellos los proyectos de WWF, pero son las administraciones competentes las que deben gestionar las especies y sus hábitats para evitar la tendencia actual de extinción masiva.

¿Qué ventajas e inconvenientes tienen las técnicas de reproducción artificial en la recuperación de especies en peligro de extinción?

Las técnicas de reproducción artificial y manipulación genética no se aplican con mucha frecuencia como herramienta de conservación de especies. Además, son muy costosas, técnicamente complicadas y de consecuencias impredecibles. Solamente en el caso hipotético de que estas técnicas fueran la única posibilidad para evitar la desaparición de una especie concreta, se podría considerar esta opción, pero la conservación *in situ* de las especies y sus hábitats debe ser siempre la prioridad. Sin embargo, sería interesante disponer de un banco de tejidos con suficientes muestras genéticas como medida pre-

ventiva ante grandes catástrofes ambientales o sucesos imprevisibles que puedan provocar la extinción de algunas especies.

En su opinión, los planes de cría en cautividad deben ser la última de las herramientas científicas utilizadas para recuperar especies en peligro de extinción. Luego, ¿en qué aspectos tienen que trabajar las administraciones y las organizaciones antes de poner en marcha estos planes de cría en cautividad?

La primera medida que hay que adoptar para garantizar la conservación de las especies es evitar el impacto de las actividades humanas y desarrollar una política eficaz de protección de áreas naturales que incluya los ecosistemas más representativos del planeta, con especial atención a los hábitats más sensibles. La evidencia científica demuestra que la creación y gestión apropiada de áreas protegidas es uno de los instrumentos más eficaces de conservación de la biodiversidad. Además, hay que adelantarse a las amenazas a través de políticas preventivas, dentro y fuera de las áreas protegidas, para evitar que se produzcan las causas de desaparición de especies.

En caso de producirse un impacto negativo sobre las poblaciones de especies hay que

desarrollar medidas correctoras, actuando directamente sobre la causa (restauración del hábitat, eliminación de barreras, creación de corredores ecológicos...). La cría en cautividad de las especies y la reintroducción de ejemplares en libertad pueden aportar una estabilidad poblacional, pero es el último paso, a veces casi desesperado, para evitar la extinción de las especies.

¿Qué opina sobre la clonación como medida para evitar la desaparición de las especies? ¿Es viable esta opción?

Aunque técnicamente existe la opción, la clonación no debería considerarse como una opción en ningún caso. Cuando se llega a situaciones límite por la falta de medidas preventivas o de conservación *in situ*, las copias génicas no sirven para recuperar una especie ni asegurar la necesaria variabilidad genética de los individuos, imprescindible para estabilizar las poblaciones, sino que por el contrario, nos situaríamos en un panorama de consecuencias imprevisibles, con individuos idénticos que debilitarían las poblaciones y terminarían extinguiéndose.

Hay muchos ejemplos de empobrecimiento de la variabilidad genética debido a cruces endogámicos (el guepardo,

por ejemplo) y el único resultado es el aumento de problemas de supervivencia, el debilitamiento poblacional y la pérdida de tasas reproductivas que conducen a episodios de extinción local.

¿Hay en la actualidad alguna medida legislativa por parte del Gobierno acerca de los animales y plantas en peligro de extinción?

La conservación de especies amenazadas es competencia de las comunidades autónomas, cuyas administraciones tienen la obligación de cumplir la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que modifica la antigua Ley 4/89 de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres. Este nuevo marco jurídico actualiza el CNEA y crea el LESPE (Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial).

El marco legal de conservación en España es suficientemente amplio e incluye, al margen de la ley antes mencionada, normativa autonómica, reglamentos y directivas de la UE (Red Natura 2000, Directiva de Aves) y convenios internacionales (CITES, Ramsar). El problema no es la cantidad de normas sino el grado de cumplimiento, en muchos casos exiguo o muy desigual dependiendo de la comunidad autónoma. ■



HACE 20 AÑOS NACIÓ
LA PERSONA QUE
AYUDARÁ A LOCALIZAR
30 NUEVOS PLANETAS.

Probablemente ellos no lo sepan, pero el futuro los está esperando con pequeños y grandes proyectos. Por eso en **Santander Universidades** apoyamos a los estudiantes hoy. Porque ellos son nuestro mañana.

- 14 años apoyando a la Universidad.
- Dedicando 100 millones de euros al año.
- 14.578 becas al año para universitarios.
- Impulsando Universia: Red de Universidades.
- Colaborando con 840 Universidades en 22 países.



Santander

UNIVERSIDADES

EL VALOR
DE LAS IDEAS

www.santander.com



Las especies amenazadas, su estudio y su gestión: una visión desde la biología de la conservación

Según el autor, la biología de la conservación, como cualquier disciplina, genera dogmas que tienen poco que ver con las evidencias científicas; es más, genera muchos más dogmas que, pongamos por caso, la química, la física o la geología. La causa es, según su parecer, que es una ciencia claramente aplicada.

Daniel Oro

Institut Mediterrani d'Estudi Avançats IMEDEA, CSIC-UIB

La biología de la conservación nació hace apenas unas décadas como respuesta a la crisis medioambiental que por aquel entonces se manifestaba ya de manera evidente. La conciencia de esa crisis fue calando poco a poco en nuestra sociedad gracias sobre todo al nacimiento de las organizaciones conservacionistas y a las especies amenazadas, que fueron su principal bandera. Así, por ejemplo,

Greenpeace nació hace 40 años para protestar por unas pruebas nucleares en Alaska, pero si preguntamos en la calle, la gente asociará esta ONG a las ballenas, pues pronto se convirtieron en adalides de su defensa (y eso fue probablemente la razón de su éxito).

Como cualquier disciplina, la biología de la conservación genera dogmas que tienen poco que ver con las eviden-

La biología de la conservación nace como respuesta a la crisis medioambiental

cias científicas; es más, genera muchos más dogmas que, pongamos por caso, la química, la física o la geología. La razón es, según mi parecer, que es una ciencia claramente aplicada y que en la acción de conservación (como proteger *de facto* una especie amenazada) priman, frente a lo que nos ha enseñado, por ejemplo, la ecología, unos conceptos muy simples que parecen provenir de una aproximación



La foca monje en España es una especie catalogada en peligro crítico de extinción. / Foto: M. Cedenilla.

lógica (pero frecuentemente desatinada).

La destrucción de la naturaleza es objeto de debate social, en el cual opinan no sólo los colectivos que están más en contacto con ella (cazadores, agricultores, ganaderos, pescadores) sino la sociedad en general, que se hace eco de los mensajes, breves, sesgados y muchas veces imprecisos, que llegan desde

los medios de comunicación. El cambio climático o la conservación del lince ibérico son ejemplos sobre los que el lector tiene seguramente una opinión formada, cosa que quizás no ocurra sobre el ciclo de *Plasmodium* o la química del coltán, aunque sean aspectos que nos afectan muy directamente (el primero por el impacto de la malaria en millones de seres humanos y el segundo por la fabricación de

componentes electrónicos que abundan en el interior de nuestros cotidianos teléfonos móviles).

Dogmas en la conservación de las especies

Así pues, la familiaridad que han adquirido en nuestras vidas algunos problemas medioambientales ha generado corrientes de opinión que en muchas ocasiones son demasiado simples y que de al-

guna manera afectan a la conservación aplicada.

Mi intención aquí es poner en entredicho alguno de los conceptos o dogmas que planean en la conservación de especies amenazadas, desde la óptica del rigor científico de la biología de la conservación. Para ello, voy a proponer un par de ejemplos que, espero sean ilustrativos de lo que hasta aquí he intentado introducir.

Daniel Oro

Profesor de Investigación del CSIC en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (Esporles, Mallorca). Dirige el Grupo de Ecología de Poblaciones, que estudia cómo fluctúan las poblaciones de especies amenazadas en el espacio y en el tiempo. El objetivo es poder establecer un diagnóstico de conservación y valorar las prognosis que permitan la recuperación de las poblaciones cuando éstas presentan una amenaza de extinción. La vocación del grupo ha sido la de aplicar la teoría ecológica y evolutiva a la biología de la conservación con un marcado perfil cuantitativo, basado en modelos matemáticos que permiten acercarnos a la complejidad del mundo natural. El grupo ha publicado más de 200 artículos científicos y recoge datos demográficos de diferentes vertebrados ibéricos amenazados desde hace 20 años. Daniel Oro es editor de varias revistas científicas en las áreas de la biología marina y la biología de la conservación, y asesor de diferentes organismos científicos responsables de la conservación de la biodiversidad a nivel nacional e internacional.



Tortuga Mediterránea, especie protegida en Baleares y objeto de programas de conservación, aún siendo una especie autóctona introducida por el hombre. / Foto: Albert Bertolero.

Imagínese el lector que por destinos del azar, se le invita a participar en un debate sobre qué hacer al respecto de la conservación de la foca monje en España, una especie catalogada como en peligro crítico de extinción. Este animal habitaba nuestras costas mediterráneas de manera regular hasta principios del siglo pasado, cuando la urbanización de las costas y la persecución directa extinguió sus poblaciones. La lógica parece empujarnos a realizar la siguiente

deducción: si antaño hubo focas, la manera de recuperarlas es traerlas de otros lugares. Así que me permito aventurar que las primeras propuestas se dirigirán muy probablemente a restablecer las poblaciones en algún espacio protegido de nuestro litoral, en donde las condiciones ecológicas se hayan mantenido relativamente inalteradas (por ejemplo en el Parque Nacional de Cabrera). También aventuro que esta propuesta contará con el beneplácito de la mayoría, y tam-

bién del lector. Sin embargo, hay que tener en cuenta diversos aspectos ecológicos antes de bendecir una propuesta así. Primero de todo, que no será posible reintroducir varias docenas de focas en Cabrera, porque es imposible obtener tantos animales de las menguadas poblaciones que aún sobreviven en el Mediterráneo oriental o en las costas de Mauritania. Por tanto, esa población reintroducida será muy pequeña, y las poblaciones pequeñas sufren

de problemas añadidos y específicos, como por ejemplo la endogamia (con pérdida de la variabilidad genética), la ineficacia en los comportamientos sociales (como la búsqueda de alimento o protección de las crías), o la estocasticidad demográfica, que significa que por puro azar una perturbación (como un ciclón) podría afectar a todos los individuos de esa población y llevarla a la extinción. Por ejemplo, la mayor población del mundo de focas monje, sita en Mauritania,

nia, sufrió una mortalidad masiva debida a una marea roja, un episodio natural (naturalísimo, quiero recalcar) que diezmó a la población pero que no la extinguió dado su gran tamaño, hecho por el que algunos animales sobrevivieron a la epidemia.

Otro aspecto a tener en cuenta: al introducir a un depredador como este, el ecosistema de Cabrera sufriría cambios drásticos, que no tienen nada de malo desde un punto de vista ecológico, pero que hay que considerar. Por ejemplo, muchos peces de gran tamaño (que por cierto son también especies amenazadas) que están ahora en la cúspide de la cadena trófica de Cabrera y que desde la desaparición de las focas han aumentado sus poblaciones o serán devorados por las focas o desplazados a otros lugares (por ejemplo fuera del parque y por tanto lejos de toda protección efectiva). Y hablando de límites, las focas no se conformarán con campar dentro de las fronteras del parque nacional, y fuera de ellas pueden generar problemas con los pescadores, problemas que habrá que estudiar *a priori* con el fin de evitar conflictos innecesarios. Y a propósito del espacio: esa población reintroducida será una población prácticamente aislada del resto de poblaciones mundiales, es decir, una población con

pocas posibilidades de recibir inmigrantes que aumenten sus posibilidades de sobrevivir. El Parque Nacional de Cabrera es una isla ecológica, no sólo por el hecho de estar rodeada de agua, sino básicamente porque fuera del parque las condiciones son en muchos casos malas, o no lo suficientemente buenas para permitir la vida, siquiera el tránsito, de estos animales. Si la reintroducción fuera un éxito, y las focas reintroducidas criaran felizmente y aumentara esa población, ¿a dónde irían las focas que no cupieran dentro del parque? Porque la evidencia científica nos dice que los ecosistemas tienen lo que llamamos una capacidad de carga, un límite marcado por los recursos (como el alimento), rebasado el cual la población puede sufrir de manera acentuada episodios de mortandades masivas, pues los animales están por debajo de su condición física óptima. Para evitarlo, los animales emigran, pero cuando viven en una isla ecológica, esa dispersión entraña tantos peligros que son pocos los que consiguen llegar a otra población que no esté saturada (exactamente lo que pasa con los lince en Doñana que mueren atropellados en la carretera de Matalascañas al emigrar).

No sé si habré convencido al lector (o al menos le habré hecho dudar de la bondad de la

La evidencia científica nos dice que los ecosistemas tienen lo que llamamos una capacidad de carga, un límite marcado por los recursos (como el alimento), rebasado el cual la población puede sufrir de manera acentuada episodios de mortandades masivas

reintroducción –aquí está el dogma–) pero yo, con los estudios ecológicos y genéticos en la mano, desaconsejaría la reintroducción de las focas en Cabrera (ya no digamos en otros lugares del Mediterráneo español). Y, a pesar de ello, me felicitaría de que esos animales surcaran las aguas de ese bello archipiélago. Si se restablecen unas condiciones mínimas en la calidad del hábitat (en el caso de la foca, los ecosistemas marinos mediterráneos en su conjunto, no sólo en los espacios protegidos), las focas deberían recuperarse sin necesidad de más intervenciones. Es un proceso más lento y más complicado (porque implica actuar sobre todos los factores que afectan al ecosistema, como la contaminación, la sobrepesca o el turismo masivo), pero mucho más eficaz. Tengamos presente, y esta es otra lección que estamos aprendiendo de las evidencias científicas, que los organismos no se quedan quietos esperando a que nosotros los ejecutemos y los enviemos a las listas de especies extinguidas, sino que presentan su particular batalla. Las especies se defienden de los impactos humanos, se muestran mucho más plásticas de lo que nunca hubiéramos imaginado, seguramente porque la evolución les ha dado (mejor dicho, nos ha dado) el material necesario para adaptarnos al

cambio, aunque los cambios que estamos generando sean tan rápidos y tan agresivos. En cuanto les damos una oportunidad (y afortunadamente vamos ganando terreno gracias a las políticas de conservación), muchas especies se recuperan, con los beneficios que eso conlleva.

Equilibrio ecológico

Imagine el lector que el destino le lleva ahora a otra mesa para discutir al respecto de qué hacer con los coatíes introducidos accidentalmente en la isla de Mallorca. Los coatíes son unos carnívoros americanos, omnívoros y generalistas, es decir, lo tienen todo para convertirse en una especie invasora. Depredan sobre muchos organismos (reptiles, aves, pequeños mamíferos, muchos de ellos amenazados) y son por tanto una preocupación. Adivino, pues, que tras esta breve descripción habrá consenso en que hay que capturarlos (*dead or alive* como rezaban los carteles del lejano Oeste americano) y librar a la isla de esta invasión. No tengo dudas de que los coatíes pueden alterar el equilibrio de los ecosistemas de Mallorca. Sin embargo, en una isla así, hay que plantearse dónde está ese equilibrio.

Las evidencias de la ciencia paleontológica nos dicen que casi toda la fauna terrestre de Mallorca es introducida por el

Tengamos presente, y esta es otra lección que estamos aprendiendo de las evidencias científicas, que los organismos no se quedan quietos esperando a que nosotros los ejecutemos y los enviemos a las listas de especies extinguidas, sino que presentan su particular batalla



Casi toda la fauna terrestre en Mallorca es introducida por el hombre, como el caso de la gineta. / Foto: Istockphoto.

hombre, igual que el coatí. Ranas, martas, comadrejas, conejos, cabras, liebres, ratas o tortugas son algunos de los ejemplos. Cuando estas especies llegaron a Mallorca alteraron el equilibrio, y lo modificaron sucesivamente hasta llegar al día de hoy. ¿Es mejor

el equilibrio que tenemos ahora que el que tendríamos si el coatí escapara a nuestra persecución e invadiera la isla?

No es esperable, según lo que nos dicen los estudios ecológicos, que los coatíes extingan algunas de las especies que constituyen su alimento

(lo hubieran hecho si no existieran ya otros depredadores terrestres en la isla). Los coatíes entrarán en competición con toda la fauna carnívora de la isla (ginetas, martas, comadrejas), que causaron en su día un sinnúmero de extinciones entre sus presas, pero que paradójicamente están protegidas por la ley. Y habrá cambios en sus densidades fruto de esa competición; si los coatíes desplazan a las martas, significará que habrá menos martas, y que el impacto sobre sus presas será similar; si no son capaces de hacerse un lugar ecológico entre los demás competidores de la isla, desaparecerán. El número de presas (por ejemplo de ratones) no es ilimitado, y su número marca la capacidad de carga de la comunidad de depredadores, y por tanto sus densidades (sean estas de martas, de coatíes o de la suma de ambos).

Entiendo la alarma que genera la aparición de los coatíes, pero ¿por qué protegemos a la gineta en Mallorca cuando es un carnívoro que fue introducido desde África por los árabes y es por tanto una especie casi tan ajena a la fauna ibérica como lo son los coatíes? Y si pensamos desde un punto de vista práctico y en los recursos necesarios para erradicar una especie así: ¿tenemos medios para frenar la

La familiaridad que han adquirido en nuestras vidas algunos problemas medioambientales ha generado corrientes de opinión que en muchas ocasiones son demasiado simples y que de alguna manera afectan a la conservación aplicada

avalancha de especies exóticas, considerando el dinero que mueven, sólo por detrás de las drogas y las armas? Paradójicamente, las mismas tortugas mediterráneas son objeto de introducciones y sueltas en Mallorca, pues están protegidas y se favorece el aumento de sus poblaciones. Las tortugas también fueron introducidas desde algún lugar del arco del levante ibérico-francés hace muchos siglos, y puede ser que su herbivoría extinguiera alguna planta o como mínimo modificara el equilibrio dominante antes de su llegada.

Es también posible que hoy en día estén comiendo plantas endémicas, también protegidas por la ley y que son objeto de programas de conservación. Es imposible favorecer a una especie sin afectar al conjunto del sistema, y eso significa perjudicar a otras. Aunque la idea de Arcadia ha sido tan venerada en el Renacimiento, el Romanticismo o, de manera más extendida, en las sociedades modernas urbanas, el supuesto equilibrio que se persigue no está escrito en ningún manual, pues no existe el equilibrio sino los equilibrios, el particular de cada momento y cada lugar.

Tenga pues cuidado el lector acerca del tan cacarea-

do concepto de equilibrio ecológico, pues el equilibrio es siempre dinámico, y es este un oxímoron que debe considerarse en cualquier discusión acerca de la conservación de especies amenazadas.

Las limitaciones de espacio me impiden invitar al lector a otras mesas para discutir nuevos retos (si es que a estas alturas aún tuviera ganas de aceptar). Pero no quiero acabar sin hacer antes un modesto pronunciamiento: dude el lector de toda mi visión iconoclasta de cómo se protege a las especies amenazadas. Decía el científico inglés Francis Bacon, allá por el siglo XVI, que quien empieza con certezas, acabará con dudas. Mi trabajo como científico está lleno de incertidumbre, y dudo de casi todo (la duda constituye, junto a la curiosidad, el motor de la ciencia). Los biólogos recurrimos a modelos que, aún siendo sofisticados y basados en herramientas exactas (como las matemáticas), son aproximaciones simples para entender la complejidad de la naturaleza, lo que convierte nuestros esfuerzos en meros intentos de abarcarla. Esta distancia a la que hago referencia no socava en absoluto nuestra pasión por las ciencias biológicas y por la conservación de nuestro preciado patrimonio natural. ■

Costes socioeconómicos asociados a la pérdida de biodiversidad

La pérdida de biodiversidad lleva asociados costes económicos y sociales que la contabilidad económica convencional no logra capturar. Se pone de relieve la necesidad de reformar los indicadores tradicionales de progreso económico.

Erik Gómez-Baggethun (1 y 2)

Berta Martín-López (2)

(1) Universidad Autónoma de Barcelona, UAB

(2) Universidad Autónoma de Madrid, UAM

La desaparición de especies es un fenómeno inherente a al proceso evolutivo. En al menos cinco ocasiones a lo largo de la historia geológica, se han dado episodios de desaparición masiva de especies conocidos como las "grandes extinciones", motivadas por fenómenos como meteoritos o glaciaciones. Por ejemplo, en la última gran extinción, ocurrida hace 65 millones de

En la última gran extinción, ocurrida hace 65 millones de años, desaparecieron de un golpe en torno al 75% del total de las especies del planeta

años, desaparecieron de un golpe en torno al 75% del total de las especies del planeta. No obstante, durante los lapsos de decenas de millones de años que generalmente han separado estos episodios, la extinción de especies ha ocurrido como un fenómeno gradual que tendía a ser compensado por tasas superiores de aparición de nuevas especies. Por ejemplo, los registros fósiles sitúan las tasas

medias de extinción de especies marinas entre 0,1 y 1 extinciones por millón de especies y año y se ha estimado que las extinciones de mamíferos también están dentro de dicho rango.

Este patrón de extinciones se ha visto abruptamente modificado en los dos últimos siglos. Con el desarrollo tecnológico, y acontecido desde el despegue de la revolución in-

dustrial, la capacidad humana de modificar la superficie terrestre ha alcanzado tal magnitud que ha acabado por alterar algunos de los grandes procesos biofísicos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra, en lo que algunos autores denominan proceso de cambio global. La comunidad científica argumenta que en la actualidad nos encontramos en una era en la que la naturaleza de las causas internas que subyacen al cambio planetario es cualitativamente distinta a la de las eras geológicas anteriores.

Nuestra era, referida por algunos científicos bajo el nombre de Antropoceno, se caracterizaría por el hecho de que por primera vez el ser humano habría empezado a competir con las fuerzas geológicas en capacidad de movilizar materiales y modificar los procesos básicos del funcionamiento planetario. El cambio global está acelerándose por la acción del ser humano, y los grandes impulsores de dicho proceso, que incluye los cambios en los usos del suelo, los cambios en los ciclos biogeoquímicos, el cambio climático, la sobreexplotación de recursos y la expansión de las especies invasoras, están generando consecuencias drásticas sobre los ecosistemas y la biodiversidad.

Hoy en día sabemos que economía y sociedad son enormemente dependientes de los ecosistemas y de la biodiversidad que estos albergan

La comunidad científica estima que las tasas de extinción del Antropoceno superan entre 100 y 1.000 veces a las de épocas preindustriales. De esta manera, la tasa de extinción de especies habría superado en la actualidad las 100 extinciones por millón de especies conocidas y año, y se estima que podría multiplicarse por diez a lo largo del presente siglo en caso de no tomarse medidas decididas para frenar su pérdida.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) estima que el 12% de las especies de aves, el

23% de los mamíferos, el 32% de los anfibios y el 25% de las plantas coníferas se encuentran actualmente en peligro de extinción. Lo anómalo de esta situación con respecto a las tasas de extinción registradas en épocas preindustriales ha llevado a algunos científicos a hablar del actual fenómeno de pérdida de biodiversidad como la sexta gran extinción, siendo la primera de las hasta ahora acontecidas que habría estado motivada por causas antrópicas.

Con el objeto de abordar el problema de la pérdida de biodiversidad, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, impulsó el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), que entraría en vigor un año después tras haber sido ratificado por 193 países. Además, desde el año 2002, estos países se comprometieron a reducir las tasas de la pérdida de la biodiversidad para el año 2010, declarado por Naciones Unidas como Año Internacional de la Biodiversidad. Ocho años después, no solo no se ha reducido el ritmo de pérdida, sino que se ha intensificado.

Del 18 al 29 de octubre se celebrará en Nagoya (Japón), la X reunión de la Conferencia de las Partes del CDB, donde se

abordarán nuevos objetivos para ralentizar la pérdida de biodiversidad y se evaluarán la efectividad de las políticas y estrategias adoptadas hasta la fecha.

Los costes asociados a la pérdida de biodiversidad

Durante décadas ha habido un intenso debate sobre las implicaciones éticas y ecológicas de la pérdida de biodiversidad, pero, hasta hace poco, no es mucho lo que se ha dicho fuera de los círculos especializados acerca de sus implicaciones económicas. Cuando hablamos de economía, tendemos a pensar en flujos de dinero o de activos financieros que aparentemente guardan poca o ninguna relación con la biodiversidad. No obstante, hoy en día sabemos que economía y sociedad son enormemente dependientes de los ecosistemas y de la biodiversidad que estos albergan. Los ecosistemas no son solo la fuente de los materiales y la energía requeridos por el metabolismo económico para fabricar bienes y servicios, sino también los sumideros necesarios para procesar la contaminación y los residuos generados por la sociedad. Por otro lado, la biodiversidad desempeña un papel fundamental en el bienestar humano a través de la generación de los denominados servicios de los ecosistemas (ver glosario).

Los servicios de los ecosistemas son las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano. Estos incluyen servicios de abastecimiento (productos tangibles como el alimento o la madera), servicios de regulación (beneficios obtenidos de manera indirecta de los procesos ecológicos, como el control de plagas, la formación del suelo o la depuración de agua), y servicios culturales (beneficios intangibles, como el ecoturismo, el valor estético o la educación ambiental).

Los beneficios reportados por ciertos servicios como las materias primas, los recursos energéticos o el alimento son evidentes y, por tanto, su reconocimiento no tiende a cuestionarse. No obstante, la percepción de los beneficios reportados por la mayoría de los servicios culturales y de regulación que no pasan por el mercado ni por los sistemas contables resulta más sutil, y por eso la importancia de estos servicios tiende a ser pasada por alto en la toma de decisiones. De esta manera, la invisibilidad de los servicios de regulación en el sistema socio-económico provoca que las políticas actuales de gestión favorezcan a los servicios de abastecimiento, a costa del resto de servicios, incentivando la transformación de ecosistemas naturales multi-

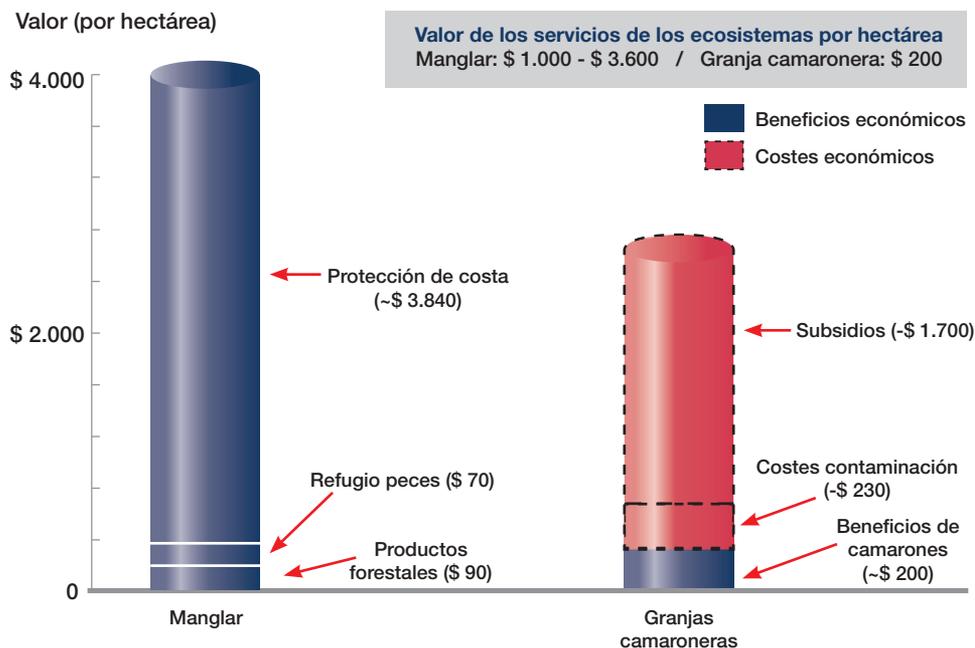


Figura 1. Beneficios asociados al ecosistema de manglar.

Los manglares proporcionan servicios ecosistémicos de gran valor, como la protección costera, frente a fenómenos climáticos extremos o la provisión de hábitat para especies de peces, comerciales y no comerciales. Según la Evaluación de Ecosistema del Milenio, en las últimas décadas el 35% de los manglares han sido destruidos para uso turístico y/o industrial. Fuente: Sathirathai, S. y E. Barbier 2001. "Valuing mangrove conservation in Southern Thailand". *Contemporary Economic Policy* 19 (2): 109-122.

funcionales a usos industriales orientados a maximizar la producción de uno o pocos servicios. No obstante, cuando todos los servicios ecosistémicos afectados por un proyecto son debidamente identificados y valorados, las cifras económicas que avalan la aptitud de transformar los ecosistemas a usos industriales a veces se invierten. Por ejemplo, un conocido estudio realizado en los manglares del

sur de Tailandia comparó los costes y beneficios asociados con la conservación de los manglares frente a los que resultarían de su conversión en granjas camaroneras. Si solo se consideraban los servicios de abastecimiento asociados al mercado, las cifras indicaban que era más beneficioso económicamente transformar los manglares. Sin embargo, una vez incluidos en el análisis los beneficios reportados

por servicios de regulación, como la protección de la costa frente a fenómenos climáticos extremos, los resultados se invertirían. Los mayores beneficios asociados a la conservación del manglar resultaban aún más evidentes cuando se descontaban los subsidios que perciben las camaroneras o los costes asociados a la contaminación y deterioro generado por la producción de camarones (Figura 1).

Uno de los ámbitos en los que este aspecto se refleja con mayor claridad son los sistemas de contabilidad macroeconómica. Como se ha visto anteriormente, el análisis económico convencional limita su objeto de estudio a aquellos servicios que se intercambian en el mercado y que, por tanto, tienen un reflejo monetario directo a través de los precios. De esta manera, los indicadores tradicionales de progreso económico tales como el PIB se limitan a recoger en su cómputo de beneficios los servicios que se intercambian en el mercado (que principalmente se limitan a los de abastecimiento); y en el de costes, la depreciación de los bienes de capital (por ejemplo, el desgaste de maquinaria e infraestructura).

No obstante, dejan fuera de su cómputo los beneficios económicos correspondientes a todos aquellos servicios de los ecosistemas cuyo uso o disfrute no pasa por los mercados, así como los costes asociados al deterioro de los ecosistemas de los que dichos servicios dependen, es decir, los costes asociados a la depreciación del capital natural (ver glosario).

Se pone de relieve que los sistemas contables convencionales y sus indicadores de prosperidad ofrecen medidas erróneas en una época en la que los ecosistemas y los ser-

vicios que generan están inmersos en un pronunciado proceso de deterioro y se tornan crecientemente escasos. Así lo atestigua la Evaluación de Ecosistemas del Milenio auspiciada por la Organización de las Naciones Unidas, cuyos informes concluyen que durante los últimos 50 años dos terceras partes de los servicios ecosistémicos evaluados a escala global se están deteriorando.

Afortunadamente, gracias a los esfuerzos realizados durante décadas desde enfoques como la economía ecológica y la economía ambiental, hoy contamos con herramientas conceptuales y metodológicas para identificar y cuantificar los servicios de los ecosistemas tanto en términos biofísicos como en términos monetarios (Figura 2). Asimismo, se están dando los primeros pasos hacia una futura incorporación de los servicios de los ecosistemas y del capital natural en los sistemas de contabilidad nacional.

La Iniciativa TEEB: La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad

Según nos acercábamos al Año Internacional de la Biodiversidad (2010), en el que se debería haber reducido la actual tasa de pérdida de biodiversidad, se tornaba evidente que no se estaba en la sen-

Erik Gómez-Baggethun

Doctor en Ecología y Medio Ambiente. Es investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona e investigador asociado del Laboratorio de Socio-ecosistemas del Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid. Ha dedicado el grueso de su investigación al desarrollo de herramientas y métodos para el análisis de servicios de los ecosistemas y la valoración de los costes asociados su deterioro, ámbito en el que ha generado diversas publicaciones científicas. Ha trabajado como asesor científico para organismos internacionales como la Agencia Europea de Medio Ambiente y participado en varios proyectos internacionales sobre servicios de los ecosistemas. Formó parte del equipo del proyecto 'The Economics of Ecosystems and Biodiversity' (TEEB).

Berta Martín-López

Doctora en Ecología y Medio Ambiente. Profesora del Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid e investigadora del Laboratorio de Socio-ecosistemas en el mismo departamento. Su trabajo se ha centrado en la valoración económica de servicios de ecosistemas en diferentes lugares de España, publicando sobre ello en las principales revistas de conservación. Igualmente, es asesora científica para la Agencia Europea de Medio Ambiente en diferentes proyectos de valoración económica de la biodiversidad, formando parte del equipo que ha constituido la segunda fase del proyecto 'The Economics of Ecosystems & Biodiversity' (TEEB). Finalmente, y como consecuencia de estas investigaciones, su actual investigación se centra en analizar las principales estrategias de conservación en España.

da de alcanzar dicho objetivo. Ante este hecho, comienza a desarrollarse un debate sobre la necesidad de hacer llamamientos a la acción política usando enfoques con mayor impacto en los círculos de la toma de decisiones. En el año 2005, el "Informe Stern" sobre economía y cambio climático concluyó que se necesitaba una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión, el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global.

El impacto político causado por dicho informe incrementó las expectativas sobre la persuasividad de las cifras monetarias como herramienta para comunicar la necesidad de tomar medidas decididas de acción política. Este es el contexto en el que nace el proyecto de *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) a iniciativa de la Cumbre del G-8+5 en Postdam en el año 2007. Emulando el planteamiento del "Informe Stern", el proyecto TEEB se propone hacer un llamamiento a la acción política internacional mediante la estimación del valor eco-



Figura 2. Fases en la evaluación de servicios de los ecosistemas.

La evaluación de ecosistemas requiere integrar información de carácter biofísico (por ejemplo, caracterización de funciones ecológicas), social (por ejemplo, necesidades de las personas) y económico (contribuciones monetarias y no monetarias al bienestar humano). La tradicional compartimentación disciplinar viene siendo un obstáculo importante de cara a la integración de esta información. Figura modificada de Haines-Young y Postching (2010) publicada en *Ecosystem Ecology: a new synthesis*, Cambridge University Press (Ed).

nómico de la biodiversidad, así como de los costes económicos de no actuar ante su pérdida. Si bien los resultados finales del TEEB serán presentados en la ya mencionada Conferencia de las Partes de Nagoya, los informes preliminares ya adelantan algunas cifras ilustrativas. De acuerdo con los cálculos realizados, los ecosistemas y la biodiversidad tendrían un valor econó-

mico entre 10 y 100 veces mayor que el coste relacionado con su conservación.

Además, en los primeros años del periodo 2000-2050, se han perdido servicios por valor de unos 50.000 millones de euros anuales solo en lo referente a los ecosistemas terrestres, sin que la mayor parte de estos costes haya tenido un reflejo en las medidas del PIB planetario.

Las pérdidas acumuladas de bienestar podrían ascender a un 7% del consumo anual en el año 2050. Esta cifra es además un cálculo conservador porque excluye, por ejemplo, toda la biodiversidad marina, los desiertos, la región ártica y la región antártica.

Asimismo, excluye algunos servicios de los ecosistemas importantes, como la regula-

ción de enfermedades o la polinización, y otros como el control de la erosión apenas están representados.

En definitiva, el informe señala la importancia de la biodiversidad y los ecosistemas para el sistema socio-económico, así como los costes económicos asociados a su pérdida y subraya el hecho de que los indicadores económicos convencionales son incapaces de reflejarlos.

Peligros asociados a la deriva economicista del conservacionismo

Pasadas cuatro décadas del nacimiento del conservacionismo moderno, los ecosistemas y la biodiversidad siguen deteriorándose. Esto ha llevado a numerosos conservacionistas a pensar que los argumentos tradicionales que apelaban al valor intrínseco de las especies como elemento central de la conservación han fracasado en su objetivo último de revertir la pérdida de biodiversidad. Así, en aras de su persuasividad política, las cifras monetarias están siendo crecientemente adoptadas como uno de los elementos centrales del nuevo discurso conservacionista.

No obstante, la controversia crece a medida que algunos elementos del enfoque de los servicios de los ecosistemas

Los indicadores tradicionales de progreso económico dejan fuera de su cómputo los costes asociados a la depreciación del capital natural

y la valoración monetaria son asimilados dentro de la lógica económica que inicialmente pretendían transformar. Donde algunos intentamos poner de relieve las múltiples formas en las que las sociedades humanas dependemos de los ecosistemas y la biodiversidad otros han visto una mera justificación para crear y/o ampliar mercados asociados con la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

Asimismo, a pesar de los esfuerzos por contextualizar la valoración monetaria como una herramienta más dentro de sistemas de valoración multidimensionales (Figura 2), el dinero se impone progresivamente como lenguaje hegemónico en la valoración de los ecosistemas y los argu-

mentos que apelan a la lógica del beneficio ganan terreno sobre los argumentos éticos que apelan al valor intrínseco de la biodiversidad.

El economicismo que impregna el nuevo discurso conservacionista se viene justificando sobre la necesidad de influir en la toma de decisiones en el corto plazo. ¿Podría esta estrategia resultar contraproducente en el largo plazo? Aunque todavía es demasiado pronto para responder a dicha pregunta, sin duda las consecuencias son inciertas.

Los sistemas éticos cambian lentamente y son relativamente estables pero el mercado es enormemente volátil. Si se expande la idea de que la conservación se justifica por generar más beneficios que costes, ¿qué ocurrirá el día de mañana si bajo una nueva coyuntura económica la conservación ya no resulta rentable incluso cuando todos los servicios de los ecosistemas hayan sido debidamente valorados? ¿Tendrá entonces el conservacionismo que deconstruir el discurso sobre el que venía justificando su razón de ser?

Estas incertidumbres deben ser tenidas en cuenta a la hora de evitar estrategias de conservación que pueden resultar contraproducentes en el futuro. En cualquier caso hay una

TÉRMINOS CLAVE EN LA ECONOMÍA DE LOS ECOSISTEMAS

Biodiversidad

Variabilidad de los organismos vivos, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y demás ecosistemas acuáticos. La biodiversidad incluye diversidad a nivel de genes, especies y ecosistemas.

Capital natural

Conceptuación económica de los ecosistemas como stocks capaces de generar flujos de servicios ecosistémicos de forma sostenida en el tiempo. El concepto tiene un antecedente en el factor de producción Tierra usado en la economía clásica.

Funciones de los ecosistemas

Analizadas desde una perspectiva antropocéntrica, hacen referencia a todos aquellos componentes y procesos de los ecosistemas con la capacidad de generar servicios de los ecosistemas para el bienestar humano.

Servicios de los ecosistemas

Contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar de la sociedad. El concepto de "bienes y servicios de los ecosistemas" equivale al de "servicios de los ecosistemas", que incluye las contribuciones tangibles e intangibles.

cuestión sobre la que cada vez existe un mayor consenso en las ciencias de la sostenibilidad. Durante décadas nuestro sistema económico ha crecido a costa del deterioro de la biodiversidad y de los ecosistemas sobre los que se sustenta.

Tras las cifras de crecimiento que durante este tiempo han avalado la marcha positiva de

la economía global, se ocultan costes ecológicos y sociales que el instrumental analítico y contable de la ciencia económica al uso no ha sido capaz de registrar ni corregir. Esto pone de relieve la obsolescencia de los indicadores de bienestar tradicionales y, por tanto, la necesidad de emprender una reforma drástica de los mismos. ■

Fundación **BBVA**

Identificados con nuestro entorno

La Fundación BBVA apoya la investigación científica de excelencia y las actuaciones más innovadoras en Ecología y Biología de la Conservación, y difunde el conocimiento de frontera en el área de Medio Ambiente.

Dedicamos nuestros esfuerzos a apoyar la investigación orientada a la conservación de las especies, hábitats y ecosistemas, así como programas e iniciativas prácticas de protección de la biodiversidad. La Fundación BBVA premia e incentiva las actuaciones de agentes públicos y privados orientadas tanto a la conservación y gestión responsable de nuestro entorno natural como a la protección de los animales.

www.fbbva.es



| ENTREVISTA |

Cristina Narbona

Embajadora de España ante la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

“En España, como en todo el mundo, no existe aún suficiente conciencia de la importancia de la biodiversidad, y ello ha provocado una drástica pérdida de patrimonio natural”

Según la revista *Time* del mes de octubre, Cristina Narbona está entre los 35 “líderes medio ambientales que están cambiando el mundo”. Pero esta mención le llega como ex ministra de Medio Ambiente. Ahora es embajadora de España ante la OCDE, en París. ¿Es posible unir Economía y Ecología?

No sólo es posible: es indispensable. La actividad económica depende de la dis-

Cristina Narbona, embajadora de España ante la OCDE, propone cambiar el sistema de precios, a través de figuras impositivas, de forma que sea más rentable conservar la naturaleza que destruirla

ponibilidad de recursos naturales.

Un ejemplo muy concreto: aunque no fuera cierto el cambio climático, que lo es, todos los combustibles fósiles tienen fecha de caducidad y eso obliga a un cambio radical del modelo energético y a que tomen un peso creciente las energías renovables.

España es uno de los países que más biodiversidad

aporta a la Unión Europea, pero también es uno de los lugares donde las especies, los hábitats y los ecosistemas están más amenazados. En su opinión, ¿qué factores amenazan directamente a nuestra riqueza ecológica?

En España, como en todo el mundo, no existe aún suficiente conciencia de la importancia de la biodiversidad, y ello ha provocado una drástica pérdida de patrimonio na-

tural como consecuencia de todo tipo de contaminación, ocupación de espacios naturales de gran valor, fragmentación del territorio, etc.

¿Qué soluciones nos propone desde su experiencia?

Lo más importante: elevar el nivel de conciencia en todos los ámbitos de la ciudadanía desde un mayor liderazgo público en todas las Administraciones, que pueden demostrar a la opinión pública cómo se puede crear empleo con tecnologías más limpias y más eficientes; cómo se puede mejorar la salud reduciendo la contaminación, etc. Los desafíos ambientales son inmensos, pero existe suficiente conocimiento científico y tecnológico para hacerles frente.

Como economista, ¿piensa usted que es posible desarrollar herramientas adecuadas que permitan valorar la biodiversidad (en términos monetarios u otros) y poder incorporarla a la toma de decisiones y a la contabilidad?

Precisamente en estos días se celebra la conferencia de Naciones Unidas sobre biodiversidad, en la que se ha presentado el proyecto *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB), un importantísimo estudio en el que se

Las organizaciones no gubernamentales han sido y son la punta de lanza de la conciencia ambiental, y han traducido y traducen en denuncias concretas las advertencias de la comunidad científica

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

Fundada en 1961, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico agrupa a 33 países miembros comprometidos con la democracia y una economía de mercado, cuya finalidad es:

- Apoyar el desarrollo económico sostenible.
- Incrementar el empleo.
- Elevar los niveles de vida.
- Mantener la estabilidad financiera.
- Apoyar el desarrollo económico de otros países.
- Contribuir al crecimiento del comercio mundial.

La OCDE es un foro único en donde los gobiernos pueden comparar sus experiencias, buscar respuestas a problemas comunes, identificar las mejores prácticas y trabajar para coordinar políticas económicas y sociales tanto a nivel nacional como internacional.

Fuente: OCDE.

asigna valor económico a la biodiversidad y se proponen nuevas medidas para su presentación y restauración. En síntesis, es necesario cambiar el sistema de precios, a través de figuras impositivas, de forma que sea más rentable conservar la naturaleza que destruirla y crear incentivos para cambiar las pautas de producción y de consumo.

En su opinión, ¿qué papel desempeña una adecuada divulgación e información sobre de la importancia y el valor económico de la biodiversidad y la pérdida de especies?

Es fundamental. Hay que divulgar mucho mejor cómo afecta la biodiversidad a la vida cotidiana. Un ejemplo concreto sería el relativo a la alimentación: el agotamiento de

los recursos pesqueros, los efectos de la pérdida de riqueza genética en términos de mayor vulnerabilidad de los cultivos agrícolas.

En el TEEB se señala que la desaparición creciente de las abejas –que prestan un servicio continuo a la polinización– comporta daños económicos enormes sobre la agricultura.

¿Cuál sería la responsabilidad de las organizaciones no gubernamentales en este proceso?

Las organizaciones no gubernamentales (ONGs) han sido y son la punta de lanza de la conciencia ambiental, y han traducido y traducen en denuncias concretas las advertencias de la comunidad científica. Por desgracia, las exigencias ambientales siguen siendo consideradas por una parte mayoritaria de la opinión pública como “límites al bienestar”.

La crisis económica pone de manifiesto que son los propios fallos del mercado los que producen consecuencias gravísimas sobre el bienestar de la mayoría de los ciudadanos.

Las ONGs –y todos los ciudadanos comprometidos con un modelo de desarrollo más justo y más duradero– tienen la oportunidad de insistir so-



Cristina Narbona, embajadora de España ante la OCDE. / Foto:OCDE.

España es uno de los países de la Unión Europea con un mayor porcentaje de su territorio incluido en la Red Natura 2000

bre la viabilidad y la necesidad de otro modo de producir y de consumir, diferente del que ha provocado esta crisis.

¿Cómo entender que los desafíos económicos, sociales y ambientales del planeta van todos muy unidos y que los países más desarrollados, como Espa-

Cristina Narbona

Economista, profesora universitaria y política española. Doctorada en economía en la Universidad de Roma, ejerció durante siete años como profesora titular en la Universidad de Sevilla. En 1982 fue nombrada Viceconsejera de Economía de la Junta de Andalucía en el primer gobierno autonómico. En los sucesivos gobiernos presididos por Felipe González ocupó puestos de dirección en el Banco Hipotecario, fue Directora General de la Vivienda del Ministerio de Obras Públicas en 1991 y Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Vivienda en 1993. Elegida diputada al Congreso en 1996 por Almería y concejala en 1999 en el Ayuntamiento de Madrid, entre 2004 y 2008 ejerció como Ministra de Medio Ambiente en el gobierno de José Luis Rodríguez Zapatero. Actualmente, cumple las funciones de embajadora de España ante la OCDE. Forma parte del Panel de Naciones Unidas sobre Sostenibilidad Global, así como del Grupo de Trabajo de Alto Nivel de la Organización Meteorológica Mundial.

ña, tenemos que ser más responsables?

La interdependencia entre lo económico, lo social y lo ecológico es cada vez más evidente. Tomemos como ejemplo los “accidentes” provocados por la fuga de petróleo en el golfo de México o por la ruptura de la balsa de lodos tóxicos, consecuencias de la

búsqueda de beneficios económicos por parte de empresas, a cualquier coste (ecológico y social); o los efectos económicos y sociales del cambio climático en regiones de países menos desarrollados –de África o del Caribe– que prácticamente no han contribuido a las emisiones de CO₂. Y un país como España, con un alto grado de desarrollo, tiene una capacidad potencial muy notable tanto para reorientar su propia economía como para apoyar la transferencia de tecnologías hacia países más pobres.

Actualmente, ¿existe en España un esquema general de conservación que contemple en su totalidad el territorio y se adapte a los nuevos requerimientos europeos (Red Natura 2000, Carta Europea del Paisaje, etc.)?

España es uno de los países de la Unión Europea (UE) con un mayor porcentaje de su territorio incluido en la Red Natura 2000, y con una dilatada experiencia en conservación de espacios naturales, así como con algunas de las leyes más avanzadas de la UE en materia de responsabilidad por daños ambientales y en conservación de la biodiversidad.

Pero lo determinante es que

El PIB no mide más que el valor monetario de los productos que se intercambian en el mercado, pero también hay que medir cómo se producen, qué impacto tienen en la salud y en el medio ambiente

las normas se cumplan. En ese sentido, considero fundamental la creación en 2007 de la Fiscalía Especial de Medio ambiente, como herramienta de exigencia efectiva frente a delitos ecológicos.

“Biodiversidad”, “ecología”, “preservación de especies”... ¿Podemos unir estas palabras a otras como: “nuevo modelo económico”, “creación de empleo” y “riqueza”? ¿Debemos revisar la idea de progreso económico y respetar el equilibrio de la naturaleza?

La OCDE dirige un proyecto internacional denominado “Midiendo el progreso más allá del PIB” –que estamos desarrollando también en España–, a partir de la evidente necesidad de medir mejor el bienestar, ya que el PIB no mide más que el valor monetario de los productos que se intercambian en el mercado, pero no cómo se producen, qué impacto tienen en la salud y en el medio ambiente, cómo se distribuyen.

Es absolutamente necesario superar el enfoque cortoplacista y estrecho que ha hecho del PIB la principal variable del éxito de un país.

Solo recordar que en China, con un elevado crecimiento del PIB, existen graves pro-

blemas en el ámbito de los derechos humanos y que cada año fallecen más de un millón de chinos a causa de la contaminación del agua, del suelo y del aire.

Usted figura como experta en el Panel de Alto Nivel sobre Sostenibilidad Mundial, anunciado por el Secretario General de la ONU, Ban Ki Moon. ¿Es posible combatir las situaciones de pobreza, al tiempo que se respeta y preserva el medio ambiente? ¿Cómo?

A lo largo de las anteriores respuestas, creo haber transmitido la profunda interdependencia que existe entre los desafíos sociales y los ambientales, y la imperiosa necesidad del cambio de modelo económico.

En estos momentos, el deterioro ecológico del planeta afecta mucho más a los más pobres, ya que condiciona negativamente su salud, su seguridad y su acceso al agua potable.

El Panel de Naciones Unidas está preparando un ambicioso programa de trabajo al que asociaré al máximo número de instancias españolas, ya que se trata de capitalizar en lo posible este debate para elevar el nivel de apoyo social a los cambios necesarios. ■

Descarga nuestras publicaciones en www.fundacionareces.es



INSTITUCIONES Y ECONOMÍA

Cómo las instituciones condicionan el funcionamiento de la economía española

Fundación Ramón Areces.



REVOLUCIÓN NANOTECNOLÓGICA

Estado actual de las aplicaciones prácticas y avances de la Nanociencia: desde las aplicaciones robóticas-biomédicas a las energéticas

Monografía de las ponencias del Ciclo de Conferencias y Debates en Ciencias

Fundación Ramón Areces-Nature Publishing Group.



EL FÍSICO COMO PROFESIONAL DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Fundación Ramón Areces-Real Sociedad Española de Física.



SCIENCE WITH 8-10M TELESCOPES IN THE ERA OF ELTs AND THE JWST

Fundación Ramón Areces-Instituto Astrofísico de Canarias.

05

Tribuna



La última oportunidad

JAVIER GREGORI

Periodista ambiental y responsable Área Medio Ambiente Cadena SER

“**E**n una década se han cazado ilegalmente más de 1.000 tigres. Tan sólo quedan 3.200 en estado salvaje”. “16.000 ejemplares de tortugas son capturadas de forma ilegal cada año en Madagascar”. Titulares tan alarmantes como estos llegan cada vez con mayor frecuencia a las redacciones de los periódicos, radios y televisiones de todo el mundo. Y son solo un pálido reflejo informativo, un espejo —a veces demasiado deformado— de lo que está sucediendo en la realidad: la más rápida extinción de especies registrada en la historia del planeta Tierra.

Los científicos hablan ya —sin tapujos— de que está sucediendo la “sexta masiva extinción de especies” (la última fue hace 65 millones de años y a casi todos les suena porque se llevó por delante a los famosos dinosaurios, los animales más grandes que han poblado la Tierra), pero muy pocos parecen darse cuenta aún de la gravedad del problema.

Basta citar un dato. El ritmo natural de extinción de especies se ha multiplicado por mil, y no estamos hablando solo de diminutos microorganismos marinos

o pequeños insectos, cuyo nombre apenas se lo saben los expertos. En la “Lista Roja”, que cada año elabora la UICN (la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) hay felinos importantes para la fauna de la península Ibérica como el lince, y peces de alto valor comercial, como el atún rojo, que también está a punto de desaparecer como consecuencia de la pesca pirata.

Y, a diferencia de las grandes extinciones anteriores, ahora este terrible fenómeno no está provocado por un cataclismo natural, sino por la actividad contaminante del hombre. Que, además, está aumentando. Cada año, el ser humano provoca la desaparición de unas 300 especies y, si esta letal progresión se mantiene, en el año 2050, habrán desaparecido ya entre el 20 y el 50 por ciento de las especies. No en vano, 200 mil kilómetros cuadrados de bosque son talados anualmente en el mundo.

Sin embargo, este problema ni siquiera aparece en el último lugar entre las preocupaciones de los ciudadanos; y menos aún ahora que atravesamos un periodo llamado de “crisis económica”.

No obstante, lo que realmente está en peligro no es el dinero. Los billetes (por muy verdes que sean o tengan un número muy alto) no se comen y, además, tenemos grandes máquinas que los fabrican. Pero yo me pregunto: ¿qué fábricas son capaces de producir “máquinas” tan perfectas para generar el oxígeno que necesitamos para respirar como los árboles?

Conscientes del enorme problema al que nos enfrentamos, los Gobiernos de todo el mundo (bajo el paraguas de Naciones Unidas) se comprometieron a detener el actual ritmo de destrucción de especies en el año 2010 y, con este noble objetivo, la ONU decidió dedicar este año a concienciar a la población mundial de la necesidad de proteger la rica biodiversidad de nuestro planeta. Sin embargo, como por desgracia viene siendo habitual, se ha vuelto a perder esta oportunidad “histórica” y ahora las mismas grandes potencias (como Estados Unidos, la Unión Europea, Japón, o China) que reconocen que no han sabido cumplir las metas marcadas, se imponen otras nuevas en la Cumbre de la Biodiversidad de Nagoya, y... ¡tema zanjado!

Como otros asuntos, la protección de las especies de animales y plantas no puede dejarse en las manos de naciones atomizadas con gobiernos corruptos. Y estoy pensando en muchos de los Estados de África, Asia o América Latina, que afortunadamente todavía atesoran ricos espacios naturales (tanto terrestres como marinos) pero que, sin embargo, no pueden (o no quieren) preservar, ante la voracidad maderera o minera de las grandes multinacionales de los países ricos.

Es, pues, imprescindible la puesta en marcha de una Agencia Internacional del Medio Ambiente, con poder ejecutivo y los medios suficientes para detener la destrucción de la selva del Amazonas, la tala de los bosques tropicales de Indonesia, la contaminación por hidrocarburos de la gran barrera de coral de Australia o el deshielo de Groenlandia, debido al aumento progresivo de las temperaturas mundiales..., porque sólo conservando los hábitats que son su hogar, podremos también salvar a los millones de especies de animales y plantas que viven ahora en ellos.

Y ya que hablamos de soluciones, habría también que decir bien alto que en el siglo XXI no queremos una biodiversidad de "zoológico". Muchos gobiernos, entre ellos el nuestro, se están gastando una cantidad importante de dinero público en programas de cría en cautividad de especies en peligro de extinción, como el lince ibérico. A mi juicio, esa no es la solución, sino una medida provisional. Nosotros (y, por supuesto, nuestros hijos y nuestros nietos) no nos merecemos ver a los pocos ejemplares de lince ibérico, tigre de Bengala, oso pardo



Javier Gregori. / Foto: Pedro Menéndez.

Todavía no es tarde si aprendemos esta lección y actuamos rápido. Hay que dejar de contaminar, de destruir, de extraer recursos naturales que en el fondo no necesitamos

o chimpancé que queden dentro de un par de décadas –o, por desgracia, menos– encerrados en una jaula, por amiplias que estas sean.

Ese no es el camino. Como dice Luiz Inácio Lula Da Silva, el expresidente de Brasil (uno de los países con mayor biodiversidad de nuestro planeta y el que acogió la celebración de la primera Cumbre de la Tierra en 1992), tenemos la obligación moral de devolver a nuestros hijos la misma herencia natural que recibimos de nuestros padres. E incluso, es nuestro deber mejorarla.

Me temo que está ocurriendo todo lo contrario. Y no nos queda mucho tiempo para poder corregir un problema que afecta ya a todo el mundo. La contaminación del mar ha llegado ya hasta el Polo Sur, hasta hace poco el único continente virgen que nos quedaba, y, en el otro extremo, los osos polares mueren cuando se quedan atrapados en pequeños trozos de hielo que navegan a la deriva debido al recalentamiento del clima.

La historia de las extinciones masivas nos ha demostrado que el planeta no nos necesita (y si no que se lo pregunten a los dinosaurios), pero nosotros, como especie, aunque estamos situados en lo alto de la pirámide, sí necesitamos a los demás habitantes de la Tierra, a los que, sin embargo, estamos "eliminando".

Todavía no es tarde si aprendemos esta lección y actuamos rápido. Hay que dejar de contaminar, de destruir, de extraer recursos naturales que en el fondo no necesitamos. Tenemos, en definitiva, que aprender de quienes, siendo como nosotros, supieron desde siempre vivir en equilibrio con la naturaleza. Y, por suerte, muchos de estos hombres y mujeres sabios aún se encuentran aquí. ■

06

Noticias



La Obra Social “la Caixa”, el CSIC y la Fundación General CSIC analizan las causas del envejecimiento



La jornada FGCSIC sobre envejecimiento se celebró en el salón de actos del CSIC.

La Fundación General CSIC, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Obra Social “la Caixa” han celebrado una Jornada sobre Envejecimiento, en la que se han presentado las distintas acciones desarrolladas por la Fundación en el marco de su propia línea estratégica. Entre ellas, destaca la el lanzamiento de la convocatoria de “Proyectos Cero FGCSIC en Envejecimiento”, impulsada por la Obra Social “la Caixa” con una dotación de un millón de euros. Durante la jornada ha tenido lugar la firma de un convenio para la puesta en marcha de esta acción entre la Fundación General CSIC y Obra Social “la Caixa”. Asimismo se ha

presentado el Informe sobre el envejecimiento en España, realizado por la Unidad de Análisis FGCSIC, y el número monográfico sobre envejecimiento de *Lychnos*, revista de divulgación científica de la Fundación. María Blasco (CNIO) abrió el turno de los investigadores, que finalizó con una mesa redonda en la que se abordó el fenómeno del envejecimiento desde las perspectivas biomédica, psicosocial y tecnológica.

En ella participaron Herminia Peraita (UNED), José Miguel Azkoitia (Tecnalia), Isabel Varela-Nieto (CSIC) y Antonio Martínez Maroto (IMSERSO), moderados por el periodista Javier Gregori (Cadena Ser).

Microsite sobre Envejecimiento

La Fundación General CSIC pone a disposición de las personas interesadas una página web con información específica sobre la temática del Envejecimiento, una de sus líneas estratégicas de actuación.

La nueva página web se organiza bajo cinco epígrafes: inicio, noticias, actividades, proyectos cero y recursos.

El objetivo de esta acción es ofrecer una herramienta que facilite la interlocución entre la Fundación y aquellos usuarios interesados en el envejecimiento, así como dar a conocer las actividades que se desarrollan en esta línea.



Para más información: <http://www.fgcsic.es/envejecimiento>

Convocatoria de Proyectos Cero FGCSIC en Envejecimiento



El Director General de la Fundación “la Caixa”, Jaume Lanaspá; y el Presidente de la Fundación General CSIC, Rafael Rodrigo, han firmado, en el marco de la jornada sobre Envejecimiento del 16 de noviembre, el convenio para la puesta en marcha de la primera convocatoria de “Proyectos Cero FGCSIC en Envejecimiento”.

Esta Convocatoria apoyará la promoción de estudios sobre los distintos aspectos psicosociales que afectan a las personas mayores, así como las investigaciones de tipo tecnológico (telemedicina, prótesis, nuevos materiales, domótica y robótica) y sus efectos, enfocados a la mejora de calidad de vida de este colectivo.

Resolución de la primera convocatoria de Proyectos Cero FGCSIC en Especies amenazadas

En la primera convocatoria de Proyectos Cero 2010 en Especies amenazadas de la Fundación General CSIC, abierta el 15 de marzo y fallada el 7 de octubre, se han seleccionado cinco proyectos, que contarán con una dotación de 1.085.000 euros, aportados por Banco Santander, la Agencia Estatal CSIC, así como por los fondos propios de la Fundación General CSIC.

Inicialmente se recibieron un total de 41 solicitudes, presentadas como expresiones de interés, de las cuales 32 procedían de diferentes centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. De las doce que fueron seleccionadas, once de ellas concursaron en la segunda fase del proceso. Tras la valoración final de las comisiones de evaluación y selección, la Fundación ha concedido un

total de cinco proyectos, cuyos autores nos los explican en el segundo capítulo de la presente revista. Los Proyectos Cero se entregarán el día 18 de enero en el salón de actos del CSIC.



Más información en:
<http://www.fgcsic.es>

Video sobre el patronato de la FGCSIC



Rafael Rodrigo.

Los patronos de la Fundación General CSIC, Rafael Rodrigo, Presidente del CSIC; Emilio Botín, Presidente de Banco Santander; Jaume Lanaspa, Director General de Obra Social "la Caixa"; Francisco González, Presidente de BBVA y FBBVA; Raimundo Pérez-Hernández, Director de la Fundación Ramón Areces; y Federico Mayor Zaragoza, Presidente de honor de la Fundación General CSIC, muestran su apoyo a la creación de la Fundación General CSIC, como herramienta al servicio de la I+D y elemento que aúna los esfuerzos entre las instituciones públicas de investigación y el sector privado.

http://www.fgcsic.es/comunicacion/galeria_multimedia
<http://www.youtube.com/fgcsic>

Video divulgativo sobre envejecimiento

La Fundación General CSIC, en el marco de la línea estratégica sobre Envejecimiento, ha editado un video divulgativo sobre la situación de las personas mayores de 65 años en nuestra sociedad. Un colectivo que representa el 17% de la población actual, y que en el año 2050 serán más del 30% del total de los españoles.

Más información en:
http://www.fgcsic.es/comunicacion/galeria_multimedia
<http://www.youtube.com/fgcsic>

Versión inglesa de Lychnos 2



La Fundación General CSIC ha editado en inglés su publicación *Lychnos, 2*, monográfico dedicado al envejecimiento, con el objetivo de dar a conocer a instituciones públicas y privadas, universidades y centros de investigación extranjeros las actividades y actuaciones de la Fundación en el marco de esta línea estratégica.

Más información en <http://www.fgcsic.es>

Informe FGCSIC sobre envejecimiento

La Unidad de Análisis de la FGCSIC ha elaborado un informe que trata de mostrar una visión global de la temática del envejecimiento en el ámbito de la I+D+i, alineado con las necesidades y perspectivas que presenta la población mayor, con el objetivo de obtener conclusiones sobre si la visión científica del envejecimiento cubre las necesidades reales que demanda este sector.

Más información en <http://www.fgcsic.es/envejecimiento>



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Reintroducción de especies en peligro de extinción



Lince ibérico



Tortuga boba



Gacela



Caballito de mar



Águila imperial