



## RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS PROYECTO

### CERO EN ESPECIES AMENAZADAS

**Proyecto: “¿Tienen todas las especies amenazadas el mismo valor? Origen y conservación de fósiles vivientes de plantas con flores endémicas en España”**

**Investigador principal: Pablo Vargas (Real Jardín Botánico de Madrid, CSIC)**

El presente proyecto ha puesto de manifiesto que nos encontramos sin duda ante las cinco plantas en peligro de extinción que presentan mayor urgencia para la conservación dentro la flora española, por tratarse de los últimos representantes vivos de sus linajes. Estas especies pertenecen a los géneros *Avellara*, *Castrillanthemum*, *Gyrocaryum*, *Naufraga* y *Pseudomisopates*, y ahora sabemos que las cuatro primeras pueden ser consideradas como verdaderos fósiles vivientes, es decir, que son especies que aparecieron hace muchos millones de años y que no tienen en la actualidad parientes próximos vivos.

Dado el valor que aportan a la evolución de la vida vegetal estas cinco especies, el siguiente paso fue investigar los aspectos vitales de su biología, para poder determinar su capacidad de supervivencia en el futuro. De manera que finalmente pudimos determinar que: (1) todas las especies cuentan con una diversidad genética moderada que les permitiría adaptarse a condiciones cambiantes del entorno; (2) que excepto en el caso de *Pseudomisopates* no muestran grandes problemas reproductivos en laboratorio, si bien los factores ambientales de algunas de ellas no permiten un establecimiento satisfactorio de nuevos individuos en el campo; y (3) que, excepto en el caso de *Naufraga*, todas contarían con zonas potencialmente óptimas para su establecimiento.

Conocido todo esto, era importante determinar cuales son los principales factores que están interviniendo en el estado de amenaza actual y la supervivencia de estas cinco especies vegetales en su hábitat natural. De forma que ahora sabemos que:



## Proyectos Cero

### Especies amenazadas

- *Avellara fistulosa* se ve afectada por las actividades humanas (ganadería, sobreexplotación de acuíferos y colmatación con arenas) han impactado muy negativamente sobre las lagunas y marismas en las que habita.
- *Castrilanthemum debeauxii* se ve expuesto la alteración provocada por el ganado en su hábitat, que hace que esta margarita sea desplazada por otras especies más competitivas. Además, la elevada depredación por insectos que sufren sus flores y semillas dificulta aún más su reproducción y capacidad de competir.
- *Gyrocaryum oppositifolium*, la más antigua de todas las especies estudiadas, se ve afectada por las actividades humanas, el pastoreo y el pisoteo que sufren sus reducidísimas poblaciones, y que comprometen su supervivencia.
- *Naufraga balearica* es una especie con estrictos requerimientos ecológicos de temperatura y humedad, por lo que la dificultad de encontrar su hábitat óptimo hacen de ella una planta rara, confinada en roquedos umbríos y vulnerable ante el cambio climático.
- *Pseudomisopates rivas-martinezii* ve limitadas sus posibilidades de producción y germinación de semillas, así como de expansión, debido al desarrollo de densos piornales, en ausencia de fuegos. Por lo que curiosamente el fuego es un aliado de esta especie, que ayuda a su expansión.

El conocimiento de todos estos aspectos constituye el punto de partida para poder evitar la desaparición de estas cinco especies vegetales y adoptar las medidas de conservación más adecuadas en cada caso. Para comenzar, las primeras acciones emprendidas para contribuir a la conservación de nuestro patrimonio natural, gracias a los resultados obtenidos en este proyecto, han sido:

- La recolección de semillas de todas las especies para su conservación en bancos de germoplasma.
- El establecimiento de un vallado experimental para preservar la población madrileña de *Gyrocaryum* del pisoteo.
- La reintroducción de *Avellara fistulosa* en Chiclana (Cádiz) de donde supuestamente había desaparecido hace ya más de 86 años.



**Proyecto: “Plan de acción para las propuestas de viabilidad de la lapa en peligro de extinción, *Patella ferruginea*”**

**Investigador principal: Annie Machordom (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC)**

El proyecto “Action plan for viability proposals of the endangered limpet, *Patella ferruginea*”, desarrollado durante tres años, concluyó a finales del pasado año 2013, habiendo logrado completar, en condiciones de laboratorio, todo el desarrollo embrionario y larvario de la especie y, lo que es más importante, consiguiéndose ejemplares juveniles a partir de larvas obtenidas en el laboratorio, que han alcanzado la madurez sexual. Por tanto, se ha logrado completar el ciclo biológico (“cerrar el ciclo”) de la especie. Para ello, se han desarrollado con éxito técnicas 1) de traslado de ejemplares juveniles y adultos desde su medio natural (en este caso, desde las islas Chafarinas) hasta las instalaciones del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal (CSIC), en Castellón, y del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) de Sant Carles de la Ràpita, en Tarragona; 2) de mantenimiento de adultos *ex situ*, 3) de maximización de la fecundación de los gametos; 4) de seguimiento del desarrollo larvario; 5) de consecución de la metamorfosis de las larvas nadadoras hasta que se fijan al sustrato como postlarvas, así como 6) del crecimiento posterior de los juveniles hasta la madurez sexual. Por otro lado, en el mismo proyecto, se han estudiado diversos parámetros de las poblaciones, genéticos y de la biología reproductora de la especie, necesarios para su adecuada gestión. Con respecto a la biología reproductora, se han obtenido y confirmado datos esenciales, como que la lapa ferrugínea se reproduce una única vez al año, que la madurez gonadal se alcanza en noviembre, de forma que los gametos se emiten sincrónicamente por parte de machos y hembras en el momento de los primeros temporales. Por primera vez, se ha constatado que el hermafroditismo con alternancia de sexos puede ir en los dos sentidos, de forma que los individuos pueden pasar tanto de machos a hembras, como revertir nuevamente a machos. En cuanto a los análisis genéticos, llevados a cabo mediante el examen de marcadores hipervariables, las poblaciones estudiadas han mostrado unos altos valores de variabilidad y escasa estructuración, donde pueden destacarse las particularidades de la población procedente de Córcega. Estos resultados son trascendentes de cara a la gestión de la especie, porque indicarían que, en principio, las distintas poblaciones no corren peligro en cuanto a supuestos altos niveles de endogamia (esperables por la disminución de los efectivos de la



## **Proyectos Cero** Especies amenazadas

Mayoría de las poblaciones), y que las reintroducciones serían posibles entre ellas, ya que su grado de diferenciación es mínimo.

La colaboración con gestores del medio natural ha sido patente en una fase llevada a cabo tras la finalización del proyecto: se han reintroducido los ejemplares mantenidos u obtenidos en cautividad, en las islas Hormigas (Murcia). Se seleccionó este pequeño grupo de islas ya que históricamente la lapa ferrugínea había habitado su entorno, aunque actualmente no contaban ya con ejemplares. Esto impedía, por tanto, la perturbación de una población natural. Todo este proceso fue autorizado y seguido por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, Secretaría de Medio Ambiente, MAGRAMA.

### **Proyecto: “Mitigación de enfermedades en poblaciones de anfibios en declive”**

**Investigador principal: Jaime Bosch (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC)**

El proyecto ha permitido profundizar en el conocimiento de las enfermedades emergentes específicas de los anfibios que están llevando a este grupo animal al borde del colapso. Por un lado, hemos obtenido información muy valiosa sobre la ecología de los agentes patógenos causantes de estas enfermedades, sobre algunos mecanismos relacionados con la susceptibilidad y la respuesta inmune ante estas enfermedades, así como sobre sus efectos reales sobre las poblaciones de anfibios a largo plazo. Esta información básica servirá, sin duda, para poner en marcha nuevas iniciativas novedosas para mitigar los nocivos efectos de estos agentes. Por otro lado, y en estrecho contacto con las autoridades competentes en la protección del medio natural, hemos desarrollado protocolos de actuación para eliminar del medio algunos de estos patógenos. Esta tarea, que ha culminado con éxito en el breve espacio de tiempo de desarrollo del proyecto (dada la marcada estacionalidad de los organismos objeto de estudio), era considerada hasta ahora inabordable por la comunidad científica y, sin embargo, gracias al proyecto estamos en condiciones de demostrar que es factible en diferentes situaciones reales. Además, el proyecto ha servido para dar a conocer, mediante charlas divulgativas y entrevistas con diversos medios de comunicación, la problemática de las enfermedades emergentes de anfibios, a la sociedad en general, promoviendo la mejor forma de luchar contra ellas que es, en primer lugar, evitar su propagación. Por último, el proyecto ha servido para arrojar esperanza en la lucha contra estas nuevas amenazas para la biodiversidad



global, demostrando que vale la pena poner en marcha cualquier iniciativa encaminada a controlar el problema.

**Proyecto: “Desvelando el genoma del lince ibérico”**

**Investigador principal: José A. Godoy (Estación Biológica de Doñana, CSIC)**

El proyecto “Desvelando el genoma del lince ibérico” ha conseguido su principal objetivo: generar un borrador de calidad y densamente anotado de este felino en peligro de extinción, el primero de un animal superior que secuenció íntegramente en España.

Para ello se ha aprovechado la experiencia de diversos equipos españoles, algunos de los cuales habían participado en la generación del primer borrador del genoma humano, y las grandes infraestructuras ya disponibles de generación masiva de datos de secuencia de ADN. El proyecto se ha basado exclusivamente en tecnologías de secuenciación de segunda generación, lo que han permitido mantener unos costes moderados pero que, al mismo tiempo, han planteado un enorme reto a la hora de ordenar los casi 3.000 millones de pares de bases que componen el ADN del lince. Esto ha requerido la aplicación de estrategias, algunas de ellas novedosas, para lograr un genoma de alta calidad, y que serán de utilidad para la secuenciación de otros genomas similares en el futuro.

El borrador de genoma, que una vez creado constituye un ‘mapa mudo’ que hay que interpretar, ha sido extensamente anotado, habiéndose identificado una gran variedad de elementos funcionales y estructurales, incluyendo alrededor de 20.000 genes que codifican proteínas.

En este proceso se ha utilizado el ADN de Candiles, un ejemplar macho de seis años de edad procedente del centro del Programa de Cría en Cautividad de Jaén. Además, se han secuenciado los genomas de otros diez lince ibéricos, con el fin de tener representada la variación genética de las dos poblaciones remanentes en Andújar-Cardena y Doñana-Aljarafe (ambas en Andalucía), y uno boreal –su pariente más cercano.



## **Proyectos Cero** Especies amenazadas

En este proceso se han generado librerías genómicas e información sobre la expresión de los genes, y se ha identificado una extensa colección de marcadores genéticos. Estos materiales e información constituyen unos recursos permanentes para la investigación sobre la especie, que se pueden usar ahora para, por ejemplo, entender la evolución de los felinos y el origen del lince ibérico, y para identificar los genes y funciones que lo hacen único y que le han permitido adaptarse al medio en el que vive.

Por último, la extensa colección de marcadores genéticos y la disponibilidad de un genoma de referencia facilitarán la gestión de los posibles riesgos genéticos para la persistencia del lince, incluida la identificación de posibles variantes deletéreas y el diseño de medidas para minimizar su frecuencia en la población –tanto cautiva como salvaje–, manteniendo al mismo tiempo la mayor diversidad genética posible. El lince ibérico pasa así a convertirse en la primera especie en peligro crítico de extinción en contar con los potentes recursos de la genómica para su conservación. Muchas son las amenazas a las que todavía se enfrenta la especie y diversos los frentes sobre los que hay que seguir trabajando, pero el lince ibérico cuenta hoy con una nueva y poderosa herramienta adicional para hacer frente a estos retos.

**Proyecto: “Steppe-Ahead Aves esteparias, prácticas agrícolas y viabilidad económica”**

**Investigador principal: Lluís Brotons (Centro Tecnológico Forestal de Cataluña)**

Las tasas actuales de extinción y pérdida de biodiversidad ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar estrategias de conservación integradas con las actividades realizadas por el hombre en ese mismo medio, especialmente en ecosistemas altamente modificados por la actividad humana, como los sistemas agrícolas. Aunque existe un amplio consenso sobre la necesidad de conciliar el desarrollo socioeconómico con la conservación de la naturaleza en estos sistemas, lo que resulta más difícil es encontrar soluciones que permitan un desarrollo sostenible. La creación de marcos conceptuales y metodológicos, como los llevados a cabo en este proyecto, que permitan evaluar los efectos potenciales de diferentes alternativas agronómicas posibles en una determinada región, en relación a las características ambientales y socioeconómicas de esta sobre el medio ambiente, pueden ser claves para la toma objetiva de decisiones en estos ecosistemas. Estas aproximaciones deben ir encaminadas a ofrecer una metodología que



permita pensar en posibles desarrollos agronómicos en un futuro complejo e incierto y evaluar sus posibles implicaciones. Al permitir la comparación entre los efectos de posibles desarrollos futuros, estas metodologías pueden anticipar la aplicación de medidas para evitar futuros problemas de gestión y aprovechamiento del medio, así como de conservación de las especies, y por tanto, apoyar la optimización de las estrategias de gestión o adaptarse más rápidamente a entornos desfavorables.

Un reto importante de estas metodologías es que permitan integrar un conocimiento multidisciplinar, que recoja las asunciones y expectativas en base a diferentes disciplinas y permita discutir sus posibles consecuencias y proponer nuevas alternativas. Pero la conservación de aves amenazadas en medios altamente humanizados no siempre se ha abordado desde un enfoque multidisciplinar y mecanicista, en el que la integración de la información referente a las prácticas agronómicas utilizadas y los requerimientos ecológicos de las especies y permitan determinar a priori la capacidad de un determinado escenario agronómico de albergar poblaciones viables de aves. En este sentido, el proyecto ha permitido desarrollar un nuevo marco conceptual en el que, a partir de la discusión y análisis de las estrategias de conservación utilizadas en especies como el aguilucho cenizo, se discuten los riesgos derivados de las estrategias de conservación actualmente utilizadas (muy orientadas a solucionar problemas actuales concretos, mediante la aplicación de medidas económicas compensatorias, que implican una gestión muy activa y cara y con vistas a muy corto plazo). En esta nueva propuesta conceptual se proponen nuevas alternativas de conservación transformadoras y más orientadas a la búsqueda activa de soluciones. Se pretende, pues, valorar estrategias alternativas, orientadas al establecimiento de puentes o al desarrollo de transiciones que valoren, no solamente las opciones que intentan preservar el sistema, sino también aquellas opciones más orientadas a su transformación con un objetivo claro de sostenibilidad a largo plazo. Este trabajo pretende promover una nueva manera de pensar acerca de la conservación de la biodiversidad en paisajes altamente humanizados como los sistemas agrícolas y estimular nuevas ideas sobre estas novedosas aproximaciones en el mundo de la conservación de especies amenazadas.