

Demografía y conservación del paleoendemismo canario *Navaea phoenicea* (Malvaceae)

Introducción y contexto

No deberíamos considerar la biología de la conservación como una disciplina segmentada o compartimentada. En realidad, hay varias dimensiones de la biología que nutren el campo de la conservación más allá de las componentes demográficas, reproductivas y genéticas. Para muchas especies el interés biológico por su conservación radica también en otros aspectos de su historia evolutiva o por el papel que desarrollan en los ecosistemas. Una de esas especies en la que estos aspectos adquieren una particular relevancia es *Navaea phoenicea* (Vent.) Webb & Berthelot, conocida también como “higuereta”, una malva exclusiva de la isla de Tenerife que hemos catalogado como En Peligro en la Lista Roja de 2008.

El distintivo biológico de *N. phoenicea* se basa en su historia evolutiva, que le ha conferido rasgos singulares a su historia natural entre las de su linaje. Especie presente exclusivamente en Tenerife, se trata de un claro ejemplo de relictos supervivientes. Estudios moleculares efectuados sobre la filogenia de la tribu de las malveas —que comprende los géneros *Althaea*, *Lavatera* y *Malva*— muestran que este taxón es basal y hermano a todo el linaje de las lavateras y malvas (Fuertes Aguilar *et al.*, 2002; Escobar García *et al.*, 2009). La higuereta es un arbusto de gran porte con un biotipo que presenta un claro caso de arborescencia insular. Como la mayoría sus congéneres se trata de una especie hexaploide. Los resultados obtenidos de la filogenia molecular de las malveas vienen a confirmar la propuesta sobre la taxonomía y la sistemática: encuadrada inicialmente en el género *Lavatera* por Ventenat, se propuso posteriormente segregarla como un género monotípico independiente, *Navaea* por Webb y Berthelot, debido a su rasgo exclusivo de presentar estructuras nectaríferas en la base de los pétalos. El carácter ancestral ha determinado asimismo la aparición de fenómenos de coevolución con aves paseriformes generalistas como polinizadoras, y con lagartos como dispersores de semillas y que han sido objeto de trabajos detallados sobre *Navaea phoenicea* durante los últimos años.

Biología reproductiva

La polinización por aves, frecuente en representantes de muchas familias en zonas tropicales, es más rara fuera de ellas. En la Región Macaronésica ha aparecido en repetidas ocasiones y de forma independiente en diferentes familias con plantas endémicas que conforman el llamado “elemento ornitófilo macaronésico” (Olesen, 1985; Valido *et al.*, 2004). Se trata de un conjunto de especies que comparten rasgos florales comunes aparentemente adaptados a la polinización por aves. Las flores de *Navaea* son buenos ejemplos: grandes,



Figura 1: Detalle de la flor de *Navaea phoenicea* (Foto: Alejandro González)

conspicuas, de color anaranjado, produciendo grandes cantidades de néctar diluido y apareciendo en la mayor parte del invierno (Figura 1). El origen de este síndrome de polinización ha sido interpretado bien como rasgo relictual de aparición antigua y en respuesta a la interacción con aves nectarívoras africanas ya extinguidas en las islas, pero de las que hasta hoy no hay restos fósiles (Dupont *et al.*, 2004), o bien como de aparición reciente y relacionado con paseriformes generalistas que han ampliado su nicho trófico. Los datos filogenéticos sugieren la primera opción para *Navaea* y apuntan a su carácter relictual. Igualmente, los trabajos de campo que hemos realizado indican que ni los pájaros —ni los pocos insectos— que visitan sus flores son especialmente efectivos como polinizadores. Se han identificado cuatro especies de pájaros como visitantes: curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala*, Figura 2), curruca capirotada (*S. atricapilla*), herrerillo canario (*Cyanistes teneriffae*) y mosquitero canario (*Phylloscopus canariensis*). Este último actúa como principal visitante legítimo y polinizador eficaz. Las dos curruccas son bastante escasas como visitantes y los herrerillos frecuentemente dañan las flores cuando las utilizan para acceder al néctar. La adaptación a la polinización por aves no parece por tanto ser fruto de interacciones recientes con sus visitantes actuales,



Figura 2: Curruca cabecinegra tomando néctar de una flor de “higuereta” (Foto: José J. Hernández)

sino que éstas, de forma oportunista, habrían accedido a un recurso previamente disponible. Además, aunque la especie es autocompatible, el fenómeno de dicogamia típico de *Lavatera* y *Malva* no está bien desarrollado aquí y raramente una flor fructifica si no es por polinización cruzada.

La dispersión de las semillas constituye otro aspecto singular en esta especie. La ejercida por lagartos —endozoócora— está bastante extendida en ecosistemas insulares (Valido & Nogales, 2003; Nogales *et al.*, 2006), y Canarias es un ejemplo representativo de ello. Los lagartos suelen ser abundantes y mostrar un nicho trófico más amplio en el cual han incorporado semillas, e incluso néctar a la dieta (Olesen & Valido, 2003). La sorpresa en este caso radica en la ausencia de rasgos adaptativos aparentes en las semillas de *N. phoenicea*, en absoluto carnosas. Aún así, nuestros trabajos sugieren que los lagartos contribuyen modestamente a la dispersión de semillas de la planta: por un lado ayudarían a la germinación al degradar la gruesa testa de la semilla —que de otra manera no germina fácilmente—, y por otro lado facilitarían la dispersión a distancias medias. Indudablemente, este servicio se produce a un coste reproductivo traducido en la predación de semillas. No obstante, el escaso índice de germinación de las semillas que tienen la testa inalterada induce a pensar que sí debe ser rentable. En cualquier caso, las poblaciones naturales de la especie se dan en zonas muy umbrías y poco propicias por tanto para la actividad de los lagartos, por lo que la relevancia cuantitativa de la dispersión por lagartos es relativamente baja.

Las barreras a la dispersión forman parte de los factores de amenaza que pesan sobre la planta, por lo que en su día incluimos los criterios de extensión de presencia [B2ab(ii,iii,iv,v)]



Figura 3: Mapa de distribución potencial de *N. phoenicea*. El color verde indica la máxima idoneidad.

para declarar a la planta como En Peligro en la Lista Roja de 2008: su distribución está constreñida únicamente a los barrancos del norte de los dos macizos más antiguos de la isla, Teno y Anaga, emergidos hace 8 millones de años. Una combinación de factores de la historia geológica, la intensa antropización de la isla y la ausencia de hábitats explicaría esta disyunción. Esta potencial barrera al flujo génico, junto al carácter de relicto y a la baja cantidad de efectivos, la convierten en una especie candidata a la deriva genética. El estudio realizado con AFLPs nos ha permitido determinar que, pese al aislamiento geográfico, sí se ha dado en épocas recientes cierto intercambio genético entre poblaciones de los dos núcleos de distribución. Aves o lagartos estarían jugando entonces un papel como vectores activos del flujo génico. Además, los modelos predictivos de distribución realizados (González *et al.* en prep.) sugieren la existencia de zonas en el centro de la isla que potencialmente podrían haber albergado poblaciones “puente” (Figura 3). La diversidad genética muestra por su parte valores sorprendentemente altos en vez de un cuello de botella.

Por otro lado, basándonos en el criterio C de UICN sobre el número de individuos maduros, también propusimos incluir la especie como En Peligro [C2a(i)]: ninguno de los censos efectuados en los últimos años arroja una población superior a los 1.400 individuos. Así, el Libro Rojo de Gómez Campo (1996) la incluye como En Peligro, al igual que la Lista Roja de 2000 (2000), mientras que el Libro Rojo (Bañares *et al.*, 2004) se la cataloga como Vulnerable. Los factores de amenaza que se mencionan sobre la planta son la baja capacidad de dispersión, la competencia con especies alóctonas, el parasitismo y el aumento de la cobertura vegetal. La última valoración hasta la fecha la hace el Gobierno de Canarias, que incomprensiblemente solo la incluye en el Catálogo como “De interés especial para los ecosistemas canarios”.

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Nº Efectivos	840	835	810	807	794	792

Tabla 1: Número de ejemplares censados durante los años del estudio de campo

Seis años de investigación

El estudio integrado que hemos realizado sobre *Navaea phoenicea* ha abarcado un trabajo experimental en profundidad de la biología reproductiva de la especie, la filogeografía y la diversidad genética, el seguimiento demográfico y la determinación de los factores de amenaza para la especie. En este artículo presentamos algunos resultados obtenidos relativos a la conservación de la planta. Los objetivos de esta parte del estudio fueron: 1) determinar el número real de ejemplares y la estructura demográfica de sus poblaciones; 2) predecir la dinámica poblacional y el riesgo de extinción; 3) identificar las causas de amenaza y proponer medidas para la conservación de la especie.

Desde el año 2005 hasta el 2010 hemos realizado censos de todas las poblaciones conocidas, accediendo a la mayoría de ellas. Así, se han medido parámetros biométricos (Tabla1) en todas aquellas parcelas delimitadas que fueran accesibles para seleccionar parámetros y establecer clases de edad. Los datos se trataron con el paquete estadístico R y posteriormente se realizaron modelos demográficos con matrices de transición con Poptools (<http://www.poptools.org>). Paralelamente, se han tomado muestras para estudios de dendrocronología de todos los individuos muertos o cultivados, mediante conteo directo de los anillos sobre una sección del tronco o bien con una barrena, respectivamente. Los datos se analizaron con Excel y el paquete estadístico OpenRWL. Los datos de grosor de los

anillos se convirtieron a la tasa de crecimiento bruto, y luego a crecimiento relativo por estandarización con el resto de las muestras. La datación del nacimiento se estableció mediante la selección del año con mayor correlación con el conjunto de las muestras. Finalmente, y a modo de estudio preliminar, establecimos un vallado de exclusión durante un año en dos poblaciones, el Barranco de Taborno en la sierra de Anaga y el Barranco de Cecilia en Tenos, para determinar si había una diferencia significativa en la tasa de reclutamiento de plántulas dentro y fuera del vallado en ambas poblaciones.

Resultados

Los censos (Tabla 1) han arrojado datos de presencia de individuos bastante inferiores a lo censado en AFA en 2004 (1.400 individuos), con una población en ligero declive en los últimos años, empezando con 840 individuos en 2005 y terminando con 792 en 2010. Los parámetros poblacionales por su parte reflejan una alta correlación entre sí, de manera que pudimos establecer el diámetro en la base del tronco como medida relacionada tanto con la edad como con el volumen biométrico. Así, determinamos cuatro clases de edad: 1) plántulas e individuos de segundo año —porque presentan un tamaño similar, muy escasa lignificación del tronco y aún carecen de ramificación—; 2) individuos no reproductores (juveniles); 3) individuos reproductores con un diámetro basal de entre 2,8 y 5 cm (adultos 1); y 4) individuos reproductores con más de 5 cm en la base (adultos 2). Queda pendiente incorporar al modelo los datos del banco de semillas en el suelo y la producción de frutos. Hay que señalar que no se encontraron individuos senescentes infértiles, ya que todos los individuos muertos eran reproductores.

La Figura 4 muestra la forma en “J” característica de las poblaciones en regresión, donde la escasez de plántulas, pero sobre todo de individuos juveniles, parece indicar una importante

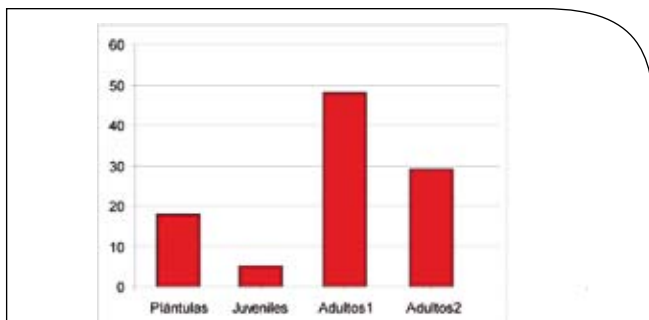


Figura 4: Histograma de porcentajes promedio de clases de edad a lo largo de los censos.

falta de reclutamiento. Efectivamente, los experimentos preliminares de exclusión de predadores parecen confirmarlo: aunque provisionales y con un tamaño muestral limitado, reflejan una diferencia significativa entre las áreas de exclusión y de no exclusión de herbívoros, en donde apenas sobreviven las plántulas (Figura 5). Así, los herbívoros introducidos serían una de los factores de amenaza clave para la especie.

El modelo demográfico elaborado a partir de los datos de los 6 años de seguimiento también realza la falta de reclutamiento en las poblaciones de la especie (Figura 6). Con una tasa de crecimiento ligeramente negativa ($\lambda=0,993$), todo el valor de la elasticidad del modelo demográfico recae en la supervivencia de la clase de individuos más maduros. Aunque el periodo de censo es corto y estos resultados son aún preliminares, apuntan a la tendencia regresiva de la especie. Por otro lado, atendiendo a la tasa de crecimiento anual, 3 de los 5 periodos han arrojado resultados negativos, coincidiendo precisamente con los años más secos registrados en Tenerife.

Por último, los resultados preliminares de las muestras para el

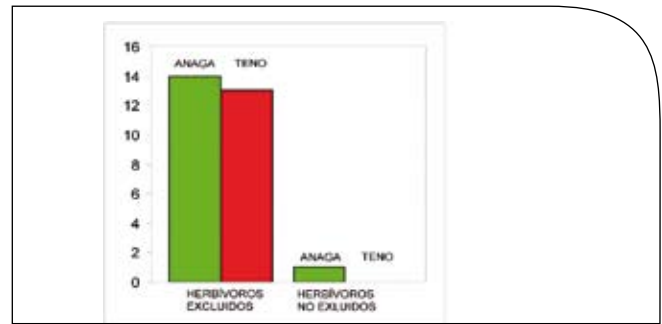


Figura 5: Número de plántulas supervivientes en un año en ambas poblaciones para zonas valladas y no valladas.

estudio dendrocronológico nos han permitido calcular las edades absolutas de los individuos. Cinco de las muestras provienen de individuos cultivados (cuyo año exacto de la germinación es conocido), y de otros cinco de individuos que han muerto durante el periodo de duración de los trabajos de campo, por lo que sabemos datar el año final de su serie de anillos. Esto nos ha permitido inferir que el individuo más longevo de higuera alcanzaba los 37 años en la población de San Juan del Reparo (Tenos), y la muestra más joven (cultivada) los 8 años. La correlación de los datos de crecimiento relativo de los individuos fue alta ($R^2=0,40-0,97$), por lo que podemos determinar las fechas de datación con bastante certidumbre. De esta manera, y dada la homogeneidad climática entre la mayoría de las poblaciones estudiadas, los censos anuales han sido complementados por datos absolutos de edad de los individuos.

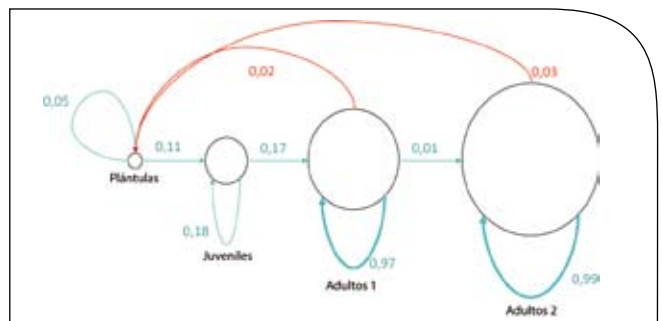


Figura 6: Modelo demográfico elaborado para *N. phoenicea*. Las cifras indican el promedio de paso de una clase a otra según la matriz de transición. En azul se muestran datos de crecimiento y persistencia y en rojo los de fecundidad.

Amenazas y líneas de actuación

El estudio integrado de una especie nos permite conocer con mayor certeza muchos factores que influyen sobre la demografía y la conservación de la misma. En el caso de la higuera podemos valorar que la principal amenaza a la que se enfrenta esta malva está relacionada con poblaciones que poco a poco parecen ir en declive por la falta de reclutamiento de individuos reproductores, provocada por la herbivoría ejercida por especies introducidas. La herbivoría como factor de amenaza para la conservación en Canarias ha sido reconocida en varias ocasiones (por ejemplo, Garzón Machado *et al.*, 2010), y es un fenómeno extendido en islas, donde de forma generalizadas se proponen los vallados como medida de gestión. En este sentido, los datos preliminares parecen indicar que tales vallados favorecerían la recuperación de los estados de desarrollo iniciales de la especie.

Otras medidas que contemplamos son en primer lugar la erradicación de algunas especies invasoras para preservar la calidad del hábitat, especialmente *Opuntia ficus-indica*, muy abundante en los hábitats termófilos donde compete con *Navea phoenicea*. En segundo lugar, y dado el bajo tamaño poblacional de la especie, la conservación ex situ a través del banco de germoplasma, puesto que conocemos bien la estructura genética espacial de las poblaciones. Los usos ornamentales

controlados pueden reforzar al banco de germoplasma. Todo ello debería venir acompañado de un seguimiento demográfico regular. Otras posibles medidas a estudiar, como el refuerzo de poblaciones naturales bien caracterizadas genéticamente, o la viabilidad de la introducción de nuevas poblaciones en aquellas zonas del centro de la isla potencialmente adecuadas para la especie, para facilitar el flujo génico entre las poblaciones de los macizos de Teno y Anaga, se pueden contemplar dentro de un plan general de recuperación.

Agradecimientos

Al Grupo de Ecología y Evolución en Islas del Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del CSIC, por la ayuda en el trabajo de campo. A Aurelio Acevedo, Ricardo Mesa y Arnoldo Santos Guerra por la guía prestada en la localización de las poblaciones de *N. phoenicea*. La ayuda y colaboración de Mar Génova Fuster (UPM) y Vicente Rozas (CSIC) fueron imprescindibles para la realización de los estudios de dendrocronología.

ALEJANDRO GONZÁLEZ¹, JUAN CARLOS MORENO² Y JAVIER FUERTES¹

1. Real Jardín Botánico, CSIC. E-mail: jano@rjb.csic.es. 2. Universidad Autónoma de Madrid



Ejemplar de "higuereta" en Taborno mostrando experimentos sobre biología reproductiva (Foto: J.C. Moreno)

Bibliografía

- Bañares, Á., G. Blanca, J. Güemes, J.C., Moreno & S. Ortiz, eds. (2004). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España. Taxones prioritarios*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- Dupont, Y.L., D.M. Hansen, J.T. Rasmussen & J.M. Olesen (2004). Evolutionary changes in nectar sugar composition associated with switches between bird and insect pollination: the Canarian bird-flower element revisited. *Functional Ecology* 18: 670-676.
- Escobar García, P., P. Schönschwetter, J. Fuertes Aguilar, G. Nieto Feliner & G.M. Schneeweiss (2009). Five molecular markers reveal extensive morphological homoplasy and reticulate evolution in the *Malva* alliance (Malvaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 50: 226-239.
- Fuertes Aguilar, J., M.F. Ray, J. Francisco Ortega, A. Santos Guerra & R.K. Jansen (2002). Molecular evidence from chloroplast and nuclear markers for multiple colonizations of *Lavatera* (Malvaceae) in the Canary Islands. *Systematic Botany* 27: 74-83.
- Garzón Machado, V., J.M. González Mancebo, A. Palomares Martínez, A. Acevedo Rodríguez, J.M. Fernández Palacios, M. del Arco Aguilar & P.L. Pérez de Paz (2010). Strong negative effect of alien herbivores on endemic legumes of the Canary pine forest. *Biological Conservation* 143: 2685-2694.
- Gómez Campo, C. (1996). *Libro Rojo de las especies vegetales amenazadas de las Islas Canarias*. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Nogales, M., C. Nieves, J.C. Illera & D.P. Padilla (2006). Native dispersers induce germination asynchrony in a Macaronesian endemic plant (*Rubia fruticosa*, Rubiaceae) in xeric environments of the Canary Islands. *Journal of Arid Environments* 64: 357-363.
- Olesen, J.M. (1985). The Macaronesian bird-flower element and its relation to bird and bee opportunist. *Botanical Journal of the Linnean Society* 91: 395-414.
- Olesen, J.M. & A. Valido (2003). Lizards as pollinators and seed dispersers: an island phenomenon. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 177-181.
- Valido, A., Y.L. Dupont & J.M. Olesen (2004). Bird-flower interactions in the Macaronesian islands. *Journal of Biogeography* 31: 1945-1953.
- Valido, A. & M. Nogales (2003). Digestive ecology of two omnivorous Canarian lizard species (*Gallotia*, Lacertidae). *Amphibia Reptilia* 24: 331-344.
- VV.AA. (2000). Lista Roja de la Flora Vasculare Española. *Conservación Vegetal* 6: 1-44.