

La restauración de *Sambucus palmensis* en La Gomera: conservación genética y modelización de nicho climático

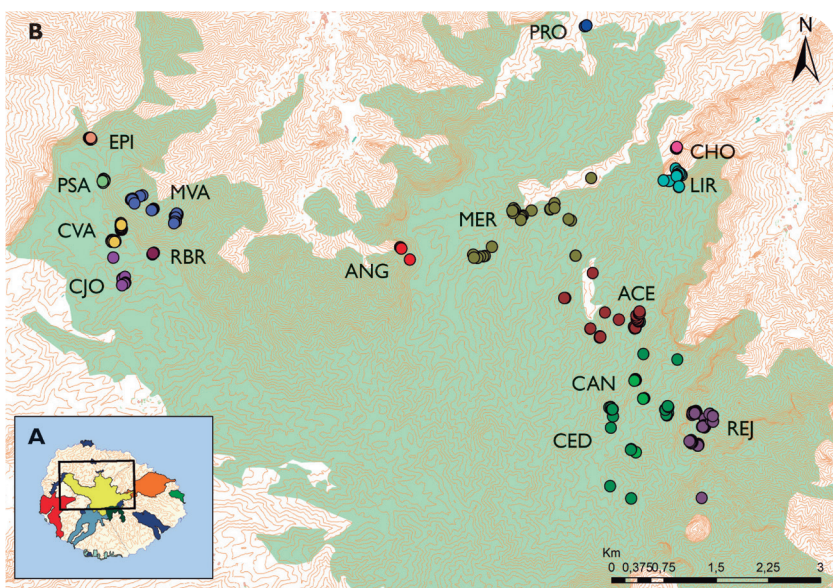


Figura 1. (A) La Gomera con representación de los Espacios Naturales Protegidos (Parque Nacional de Garajonay, en amarillo). (B) Mapa de la distribución de los individuos muestreados de *Sambucus palmensis*. Se indican las 15 áreas seleccionadas para el manejo de los individuos naturales y reintroducidos: EPI=Epina; PSA=Palo que salta; CVA=Cordillera de Vallehermoso; MVA=Meseta de Vallehermoso; RBR=Raso de la Bruma; CJO=Cañada Jorge; ANG=Angola; PRO=Presas de Las Rosas; MER=Meriga; CHO=El Chorrillo; LIR=Liria; ACE=Acebiños; CAN=Ancón de Candelaria; CED=El Cedro; REJ=El Rejo.

Introducción

La conservación de especies vegetales amenazadas a menudo conlleva la restauración de sus poblaciones naturales, ya sea mediante el refuerzo de las poblaciones existentes, la reintroducción de poblaciones extintas o la introducción de nuevos núcleos. Antes de comenzar acciones de restauración, es esencial conocer la biología de las especies con el fin de determinar los factores más importantes que limitan el crecimiento de la población fundadora (Heywood & Iriondo, 2003). Las medidas llevadas a cabo en los programas de reintroducción pueden suponer la traslocación de genotipos entre áreas geográficas. Existe cierta controversia respecto a esta práctica, en la cual la necesidad de mantener la diversidad genética existente y evitar procesos de endogamia se contraponen al mantenimiento de genes previamente adaptados (depresión exogámica; Ellstrand & Elam, 1993). En este sentido, se ha argumentado que el incremento del flujo genético mejora la adaptación y el potencial evolutivo de poblaciones endógamas, sin grandes riesgos de depresión exogámica (Frankham, 2015). Sin embargo, muchos programas de restauración se han llevado a cabo sin un conocimiento

previo de la estructura genética poblacional, con posibles consecuencias negativas en el éxito de los programas.

El saúco, *Sambucus palmensis* Link. (*S. nigra* subsp. *palmensis*), es un endemismo canario citado en las islas de La Palma, Tenerife, Gran Canaria y La Gomera (Marrero *et al.*, 2015). A pesar de su distribución en varias islas, el saúco es un rarísimo endemismo cuyos efectivos naturales censados en 12 poblaciones no alcanzan más de 70 de individuos (Sosa *et al.*, 2010; Marrero *et al.*, 2015). Constituye un elemento muy singular de las manifestaciones mejor conservadas del monteverde canario en fondos de barranco y, ocasionalmente, como rupícola de paredones rezumantes en el ámbito forestal. También se puede encontrar cultivado debido a sus propiedades medicinales (Beltrán *et al.*, 1999). Este árbol hermafrodita puede alcanzar los 6 m de altura, y sus frutos son dispersados por aves (Marrero *et al.*, 2011). Además, *S. palmensis* se propaga muy fácilmente mediante reproducción vegetativa, lo cual ha facilitado su reintroducción con individuos obtenidos mediante esquejes.

El saúco canario se encuentra "En peligro crítico" en la Lista Roja de la Flora Vasculosa Española (Moreno Saiz, 2008), "En Peligro" (EN C2a) en la Lista Roja de La UICN (Marrero *et al.*, 2011), mientras que se encuentra protegido como "En peligro de extinción" en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Estas consideraciones se deben al bajo número de individuos naturales en toda su distribución, con amenazas como la herbivoría por cabras y ratas, la pérdida de hábitat, los incendios forestales y los cambios en el uso del suelo (Fernández-López & Velázquez-Barrera, 2011; Marrero *et al.*, 2011). La baja capacidad regenerativa de la especie mediante semillas y las altas tasas de mortalidad de los nuevos individuos lleva a pensar que *S. palmensis* presenta auto-incompatibilidad reproductiva y endogamia (Marrero *et al.*, 1998).

La isla de La Gomera cuenta con el mayor número de individuos de saúco canario, cerca de 1.100 ejemplares, distribuidos en 15 localidades dentro del Parque Nacional de Garajonay. A pesar del alto número de ejemplares, sólo 25 han sido considerados de origen natural, mientras que el resto son el resultado de programas de restauración desarrollados durante más de 30 años. A partir del incendio del 2008 en

La isla de La Gomera cuenta con el mayor número de individuos de saúco canario, cerca de 1.100 ejemplares, distribuidos en 15 localidades dentro del Parque Nacional de Garajonay. A pesar del alto número de ejemplares, sólo 25 han sido considerados de origen natural, mientras que el resto son el resultado de programas de restauración desarrollados durante más de 30 años. A partir del incendio del 2008 en

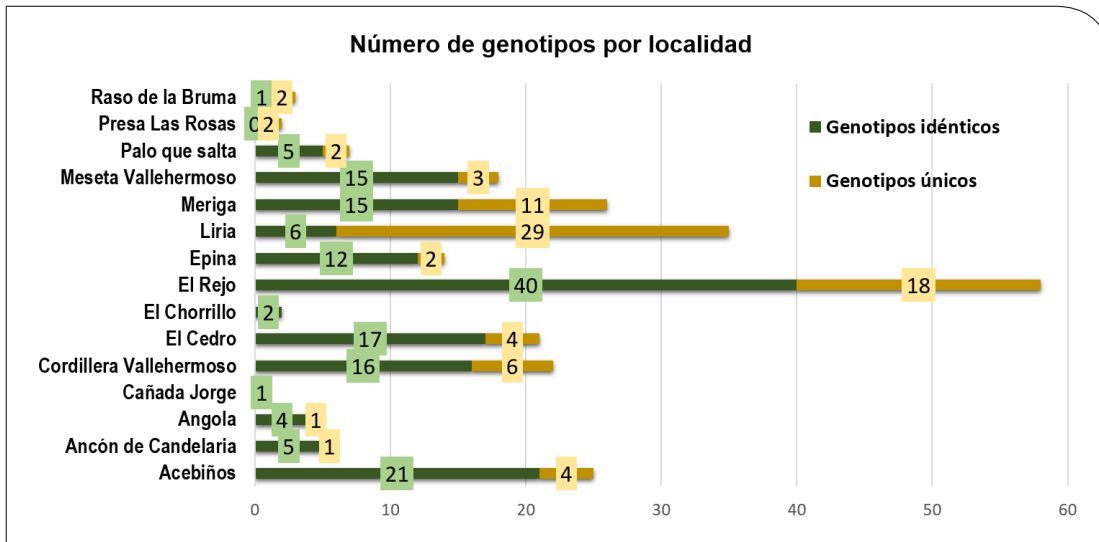


Figura 2. Número de genotipos únicos e idénticos o compartidos por área de estudio.

La Gomera ha habido una expansión demográfica, además de haberse detectado regeneración sexual en algunas localidades (Fernández-López *et al.*, 2014; Marrero *et al.*, 2015). En las etapas iniciales de las actuaciones de conservación, debido a que las tasas de germinación son muy bajas, se recurrió a la obtención de esquejes como principal método de propagación. Aunque ha habido un aumento significativo en el número de efectivos, el bagaje genético no ha sido considerado previamente a las reintroducciones, y se ha perdido el rastro y la identificación genética exacta de cuantos individuos podrían presentar el mismo genotipo.

Material y métodos

Con el fin de estimar cambios en la diversidad genética después de los programas de restauración en La Gomera y determinar el grado de clonalidad en las localidades actuales, se procedió a la recolección y análisis de 402 individuos, todos los individuos de origen natural conocidos (47) y una importante representación de aquellos reintroducidos (355). La distribución de los individuos en 15 áreas de estudio se decidió conjuntamente con el personal de Parque Nacional de Garajonay, de acuerdo a la localización de los individuos y facilidades de manejo (Figura 1).

Para el genotipado multilocus se emplearon 7 marcadores microsatélites, 4 de ellos de nuevo desarrollo para esta especie, y 3 previamente desarrollados para *Sambucus nigra* (Sosa *et al.*, 2010). Además de determinar el número de genotipos por localidad de estudio, se compararon los índices de diversidad genética entre localidades, y entre individuos naturales y restaurados. Los diferentes genotipos multilocus se nombraron secuencialmente desde la A hasta la Z, y a continuación con un sistema de doble letra hasta completarlos todos.

Se desarrollaron modelos de idoneidad del nicho topo-climático de *S. palmensis* en la isla de La Gomera. La reducida distribución de las especies insulares y la complejidad de la topografía de las islas oceánicas hace necesaria una escala mucho más detallada respecto a la de los estudios de modelos de distribución, habitualmente realizados a un kilómetro de resolución. Por ello, se desarrollaron capas bioclimáticas y topográficas a una resolución de 50 metros a partir de la red de estaciones meteorológicas de Canarias. A partir de ellas

se modelizó el nicho topo-climático tanto de los individuos naturales de *S. palmensis*, como la diferencia de nicho con las localidades restauradas.

Resultados y discusión

En total se detectaron 147 genotipos, 84 de los cuales son únicos, es decir, no estaban presentes en otro individuo muestreado, y 63 compartidos, en uno o más individuos. Encontramos algunos genotipos presentes en un alto número de muestras, tales como el JJ, V o UU, presentes en 81, 30 y 15 individuos, respectivamente. Estos genotipos hallados en todo el rango de distribución son evidentemente fruto de la propagación de esquejes. Mientras que el resto de los genotipos se detectaron entre 2 y 10 individuos, muchos de los cuales, presentes en la misma localidad, podían ser fruto de la reproducción vegetativa natural. La localidad con el mayor número de genotipos únicos fue la de Liria (29), seguido de El Rejo (18) y Meriga (11). El alto número de genotipos únicos y alelos privados encontrados en Liria sugieren que los individuos de esta localidad han sido raramente empleados en las reintroducciones, suponiendo un importante reservorio genético para próximos programas (Figura 2).

Los índices de diversidad genética fueron similares entre localidades, con valores de heterocigosidad esperada entre 0,357 (Presa de Las Rosas) a 0,495 (Raso de la Bruma), siendo las localidades de Liria y Meriga las únicas que presentaron alelos privados. En la comparación de los índices de diversidad entre individuos naturales y restaurados, los naturales presentaron mayores niveles de riqueza alélica y alelos privados, mientras que se detectó un ligero incremento en los niveles de heterocigosidad en el grupo de los individuos restaurados (Tabla 1). Al igual que se determinó en un estudio previo del saúco canario por nuestro grupo de investigación (Sosa *et al.*, 2010), la especie presenta de moderados a altos niveles

Índices diversidad	N	NA	PA	A _R	PA _R	H _O	H _E
Media	26,86	2,37	0,27	1,80	0,05	0,552	0,423
Reintroducidos	355	3,14	2,00	2,82	0,16	0,532	0,462
Naturales	47	3,43	4,00	3,43	0,77	0,426	0,402

Tabla 1. Índices de diversidad genética para *Sambucus palmensis* en La Gomera. N=tamaño muestral; NA=número medio de alelos por locus; PA=número de alelos privados; A_R=riqueza alélica con rarefacción; PA_R=riqueza de alelos privados con rarefacción; H_O=heterocigosidad observada; H_E=heterocigosidad esperada.

de diversidad genética a pesar de su rareza, lo cual concuerda con la hipótesis ya citada de que *S. palmensis* era mucho más abundante en el pasado (Beltrán *et al.*, 1999).

La modelización de nicho de la especie a partir de los individuos naturales determina un sesgo de nicho importante, puesto que designa como climáticamente idóneas áreas del norte de La Gomera expuestas al alisio (Figura 3). Sin embargo, las reintroducciones exitosas de individuos se dan en zonas no declaradas como idóneas. Esto es una indicación clara, por una parte, de que la especie no estaba ocupando todo el nicho climático disponible, y por otra, de que el criterio de reintroducción en nuevas zonas era el correcto. El procedimiento de la modelización además permitió averiguar las principales diferencias entre el nicho nativo y el reintroducido: las poblaciones naturales tienen una mayor estabilidad en la temperatura, y se encuentran en enclaves con una pluviosidad menor a la de las poblaciones reintroducidas.

Los resultados de este estudio sugieren que los programas de restauración de *S. palmensis* en La Gomera han mejorado considerablemente el estado de conservación genética de la especie en la isla. Aunque se ha encontrado una alta

proporción de individuos clónicos, también es evidente que ha existido regeneración natural en algunas localidades, generando nuevos genotipos que no estaban presentes en las localidades naturales. Sin embargo, todavía existen retos en el mantenimiento de *S. palmensis*, tales como las dificultades para la regeneración sexual, o la alta mortalidad de plantas jóvenes. Por lo tanto, debería estudiarse en profundidad la biología reproductiva de la especie y su posible autoincompatibilidad reproductiva. Además, la continuación de los censos que se han ido llevando a cabo en el Parque Nacional de Garajonay ayudará a la monitorización de la adaptación y supervivencia de las poblaciones a largo plazo.

Como medida urgente para el mantenimiento de la diversidad genética de *S. palmensis* en La Gomera, hemos proporcionado a los gestores del Parque una lista con los individuos que serían los óptimos seleccionados para la obtención de semillas y/o esquejes. Esta lista se estableció teniendo en cuenta los individuos con una heterocigosidad individual mayor a 0,5, además de presentar genotipos únicos o en baja frecuencia, y la presencia de alelos presentes en menos de 4 localidades. También es de especial importancia incrementar el número de individuos productores de semillas y/o esquejes, para evitar procesos de endogamia.

Esperamos que este trabajo pueda servir de guía para otras actividades que se vayan a desarrollar sobre el saúco canario en otras islas del archipiélago, tales como Tenerife, La Palma y Gran Canaria, donde también existen escasos individuos naturales.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada a través del Programa de Ayudas a la investigación en materias relacionadas con la Red de Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (nº 255/2011).

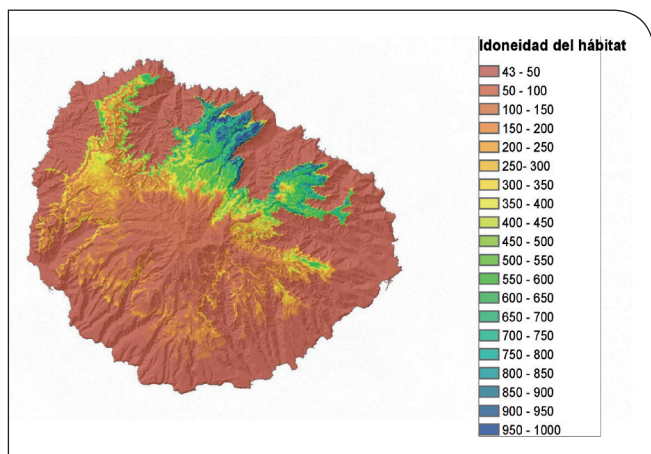


Figura 3. Modelo de idoneidad topo-climática del saúco en La Gomera calibrado con los individuos de origen natural.

PRISCILA RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ¹, ALEJANDRO G. FERNÁNDEZ DE CASTRO², ÁNGEL FERNÁNDEZ LÓPEZ³,
ÁNGEL GARCÍA HERNÁNDEZ³, SITO CHINEA CRUZ³, PEDRO A. SOSA¹

1. Instituto Universitario de Estudios Ambientales y Recursos Naturales (IUNAT). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
2. Departamento de Biodiversidad y Conservación, Real Jardín Botánico, CSIC.
3. Parque Nacional de Garajonay. La Gomera. Gobierno de Canarias.

Bibliografía

- Beltrán, E., W. Wildpret, M. León, A. García & J. Reyes (1999). *Libro rojo de la flora canaria contenida en la Directiva-Hábitats Europea*. Dirección de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. La Laguna.
- Ellstrand, N.C. & D.R. Elam (1993). Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 217–242.
- Fernández-López, Á.B., L.A.G. Gómez-González & M. Gómez (2014). Garajonay después del gran incendio de 2012. In: *Investigación, gestión y técnica forestal, en la región de la Macaronesia* (pp. 201–226). Colegio de Ingenieros de Montes.
- Fernández-López, Á., M.E. Velázquez-Barrera (2011). *Programa de recuperación de especies amenazadas del Parque Nacional de Garajonay*. Informe inédito. Tragsatec, San Sebastián de La Gomera.
- Frankham, R. (2015). Genetic rescue of small inbred populations: meta-analysis reveals large and consistent benefits of gene flow. *Molecular Ecology* 24: 2610–2618.
- Heywood, V.H., & J.M. Iriondo (2003). Plant conservation: old problems, new perspectives. *Biological Conservation* 113: 321–335.
- Marrero, M.V., Á. Bañares & E. Carqué (1998). La conservación del Saúco (*Sambucus palmensis*) en el Parque Nacional de Garajonay. *Conservación Vegetal* 3: 23.
- Marrero, M.V., Á. Bañares & E. Carqué (2015). Seguimiento de la flora vascular de España. *Bencomia de cumbre (Bencomia extipulata)*. Amagante de roques (*Cistus chinamadensis*). Borrija del Teide (*Laphangium teydeum*). Saúco canario (*Sambucus nigra* ssp. *palmensis*). Canutillo del Teide (*Silene nocteolens*). Dirección Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- Marrero, M.V., E. Carqué, E. Ojeda, Á. Bañares & A. Acevedo (2011). *Sambucus nigra* ssp. *palmensis*. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-1.RLTS.T61596A12506410.en>
- Moreno Saiz, J.C. (2008). *Lista Roja de Flora Vasculares Española*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino–Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid.
- Sosa, P.A., M.Á. González-Pérez, C. Moreno & J.B. Clarke (2010). Conservation genetics of the endangered endemic *Sambucus palmensis* Link (Sambucaceae) from the Canary Islands. *Conservation Genetics* 11: 2357–2368.