

Efecto de variables climáticas y crecimiento vegetativo sobre el esfuerzo reproductivo del género *Descurainia* en Canarias

DOI: 10.15366/cv2023.27.002

Effect of climatic variables and vegetative growth on the reproductive effort of the genus Descurainia in the Canary Islands

JONAY CUBAS^{1*}, VÍCTOR BELLO-RODRÍGUEZ¹, JUAN JOSÉ GARCÍA ALVARADO¹ y JUANA MARÍA GONZÁLEZ-MANCEBO¹

1. Grupo de investigación *Plant Conservation and Biogeography*. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Universidad de La Laguna. Avda. Francisco Sánchez s/n, 38200 Apdo. 456. La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España. *jcubasdi@ull.edu.es

Resumen / Abstract

Canarias conserva una importante biodiversidad de flora endémica, una lista que continúa incrementándose con numerosos estudios recientes. Sin embargo, hay pocos estudios sobre los rasgos funcionales de las especies, especialmente aquellos que conllevan mediciones directas en campo, pese a la importancia que esto puede tener en el actual contexto de cambio climático. Las variaciones de la tasa de productividad vegetativa y reproductora entre poblacionales de diferentes islas, o dentro de una misma isla, pueden implicar diferencias en la capacidad de respuesta al cambio climático. Aquí analizamos el esfuerzo reproductor de las especies del género *Descurainia* en Canarias, con el objetivo de evaluar si existen diferencias interespecíficas e intrapoblacionales en este rasgo funcional. Además, se pretende determinar cuál de los dos tipos de variables (climáticas o morfométricas), tiene mayor peso en la explicación del esfuerzo reproductor de las especies del género. Para ello, se seleccionaron al azar 45 individuos en tres poblaciones distribuidas en cada isla. Cada individuo fue medido y contabilizado el número de flores y semillas por unidad de superficie (cm²). Los resultados muestran diferencias significativas entre especies y entre poblaciones. Además, los modelos obtenidos indican que las variables climáticas explican mejor el esfuerzo reproductivo que las variables morfométricas.

*Canary Islands conserve an important biodiversity of endemic flora, a list that continues to grow with numerous recent studies. However, there are few studies on the functional traits of species, especially those involving direct field measurements, despite the importance this may have in the context of current climate change. Variations in vegetative and reproductive productivity rates between populations on different islands, or within the same island, may imply differences in responsiveness to climate change. Here we analyse the reproductive effort of *Descurainia* species in the Canary Islands, with the aim of assessing whether there are interspecific and intrapopulation differences in this functional trait. In addition, the aim is to determine which of the two types of variables (climatic or morphometric) has greater weight in explaining the reproductive success of the species of the genus. For this purpose, 45 individuals were randomly selected from three populations distributed in each island. Each individual was measured and the number of flowers and seeds per unit area (cm²) was estimated. Results show significant differences between species and between populations. Furthermore, the models obtained indicate that climatic variables explain reproductive success better than morphometric variables.*

Palabras clave / Keywords

Cambio climático, conservación, flora canaria, flores, islas oceánicas

Climate change, conservation, Canarian flora, flowers, oceanic islands

Introducción

Las plantas se han clasificado tradicionalmente en grupos funcionales, pero el estudio de los rasgos ha pasado a ser más cuantitativo. Los enfoques basados en rasgos funcionales ahora se utilizan para responder preguntas de investigación, que abarcan desde la composición de las comunidades vegetales y gradientes de diversidad de especies, hasta su capacidad de respuesta al cambio climático (González-Mancebo *et al.*, 2023), lo que ha aumentado la demanda de datos sobre los rasgos de las plantas (Kattge *et al.*, 2020). Frecuentemente se utilizan datos bibliográficos para este tipo de análisis (Hanz *et al.*, 2023), dado que la medición directa representa un esfuerzo notable de trabajo de campo. Sin embargo, las mediciones de campo permiten en muchas ocasiones actualizar estos datos respecto a los bibliográficos y comprender qué rasgos funcionales pueden representar adaptaciones a factores ambientales.

El cambio climático está modificando la composición de las comunidades a escala global, en un proceso que conlleva

cambios en las distribuciones de las especies, que tienden a migrar hacia áreas que mantienen las condiciones climáticas de sus hábitats originales. Así, la migración está considerada como una de las respuestas adaptativas más importantes frente al calentamiento global (Koutsidi *et al.*, 2019). Pero entender la vulnerabilidad de las especies al cambio climático conlleva conocer los factores intrínsecos y extrínsecos que pueden restringir su respuesta (Dickson *et al.*, 2019). Entre las restricciones de las especies una de las más importantes es la tasa de regeneración, que determina las posibilidades reales que tienen de alcanzar la velocidad de cambio climático que se espera para cada una de ellas (Bello-Rodríguez *et al.*, 2023). En primera instancia, la capacidad de regeneración de las especies depende de la tasa de floración, la cual está experimentando cambios significativos debido a los efectos de las sequías y los desajustes en la estacionalidad (Richardson & Pysek, 2006).

Los rasgos que influyen en el establecimiento y proliferación

de las especies podrían estar relacionados con la adquisición de recursos o la competitividad. Uno de esos rasgos puede ser la altura de la planta, considerada elemento clave que diferencia tanto las estrategias ecológicas dentro de las comunidades, como el esfuerzo reproductivo de las plantas, es decir, el esfuerzo invertido en la producción de flores y semillas. Pero el esfuerzo reproductor no depende sólo del crecimiento vegetativo (Kattge *et al.*, 2020). Existen variaciones morfológicas y fenológicas que pueden vincularse a la autoecología de las especies, lo que abarca desde plantas individuales a propiedades de las comunidades y del conjunto de los ecosistemas, ayudando a comprender las posibles estrategias de respuesta a las variaciones ambientales.

En este estudio, examinamos algunos rasgos relacionados con el crecimiento y el esfuerzo reproductor en un grupo monofilético de especies endémicas de las islas Canarias estrechamente relacionadas (Goodson *et al.*, 2006), incluidas en el género *Descurainia* Webb & Berthel. (Brassicaceae) de la sección *Sisymbriodendron* (Crist) O.E. Schulz. En Canarias existen siete especies distribuidas en una amplia variedad de hábitats, desde el tabaibal-cardonal hasta el retamar de cumbre. Esta diversidad de hábitats implica también amplia variación en las condiciones climáticas. En la vertiente norte, los estratocúmulos de los vientos alisios forman una capa nubosa entre 800 y 1 500 m.s.n.m., que rebosa en algunos sectores hacia la vertiente sur. La inversión térmica impide que estas nubes alcancen cotas superiores dando lugar a condiciones más secas y frescas por encima de los 1 500 m.

Numerosos estudios han venido relacionando los rasgos funcionales de las plantas con las condiciones ambientales y en muchas ocasiones la contribución de la variación intraespecífica al total de la variación ha sido ignorada, al considerar que esta era despreciable frente a la variación interespecífica (p.ej. Garnier *et al.*, 2001). No obstante, estudios más recientes han demostrado que la variación intraespecífica puede suponer una parte importante de la variación de los rasgos funcionales de las comunidades a lo largo de gradientes ambientales (p.e. Albert *et al.*, 2010). En este estudio, el objetivo principal es determinar cuál de los dos tipos de variables, las climáticas o las morfométricas (tamaño de la planta), tiene un mayor peso en la explicación del esfuerzo reproductor de las especies del género *Descurainia* en Canarias. Para ello, planteamos como hipótesis de partida que el esfuerzo reproductor está más influenciado por las condiciones climáticas que por el crecimiento vegetativo, por lo que evaluaremos ambas variables para confirmarlo.

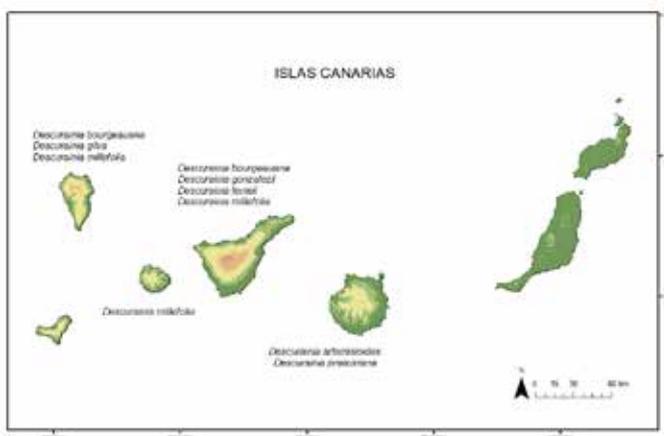


Figura 1. Distribución de las especies del género *Descurainia* en las islas Canarias.

Se muestrearon poblaciones de las 7 especies endémicas del género *Descurainia*, presentes en cuatro de las siete islas, siendo cinco de ellas endemismos insulares (Fig. 1). Son plantas, de porte ramificado que pueden alcanzar hasta un metro de alto, con hojas inferiores dispuestas densamente, portando en sus rectos escapos numerosas flores muy llamativas de color amarillo que dan lugar a silicuas estrechas con varias semillas (15-32 semillas/silicuas). Presentan amplia distribución y buena regeneración en el medio natural, aunque puede llegar a estar muy reducida debido al consumo por parte del ganado asilvestrado, muflón, arruí y conejo europeo (Cubas *et al.*, 2019).

Material y Métodos

Distribución de las especies seleccionadas

Tenerife cuenta con el mayor número de especies del género *Descurainia*: *D. bourgaeana* Webb ex Christ es abundante en el matorral de cumbre, dentro del Parque Nacional de El Teide. Otras dos son localmente frecuentes, la primera en laderas altas en la vertiente norte en el límite superior del pinar con el retamar por encima de los 1 600 hasta los 2 000 metros (*D. lemsii* Bramwell) y la segunda habitando la vertiente sur en el pinar, y raramente, en el retamar (*D. gonzalezii* Svent.). Por último, *D. millefolia* (Jacq.) Webb & Berthel. presente en bosques termoesclerófilos y laurisilva entre los 200 y 1 000 m. En Gran Canaria, *D. artemisioides* Svent. es una especie rara, localizada en barrancos sombríos y acantilados húmedos situados en la parte occidental de la isla, desde el matorral costero hasta unos 1 000 m de altitud. Con una distribución más amplia, *D. preauxiana* Webb ex Christ., se localiza en pinares del sur y centro de la isla desde los 300 hasta los 1 500 metros. En La Palma se encuentra, *D. gilva* Svent., situada en los límites superiores del pinar y retamar de cumbre, próximo a los límites del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente en la región norte-central. En este hábitat también existe, con escasa representación, *D. bourgaeana* (Goodson *et al.*, 2006). Además, también está presente en la parte central de la isla *D. millefolia* (principalmente en el interior del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente). Esta última especie es la única de este género que se encuentra también en La Gomera, presente en el área potencial de bosques termoesclerófilos y laurisilva.

Toma de datos y análisis

Para evaluar los rasgos funcionales, seleccionamos al azar 45 individuos de tres poblaciones de cada especie e isla (15 ind./población). En el caso de *D. millefolia* se trabajó independiente en las tres islas en las que está presente siguiendo la metodología propuesta por González-Mancebo *et al.* (2023). A pesar de que *D. bourgaeana* también está presente en La Palma, el estudio se centró en Tenerife, donde su distribución es más amplia y más abundante.

En total, se analizaron 405 individuos. De cada individuo se midió su altura (Hveg) y dos diámetros perpendiculares entre sí, para posteriormente estimar su biovolumen (V) asimilándolo a un esferoide ($V = (4 \times \pi) / 3 \times Hveg / 2 \times Diámetro1 / 2 \times Diámetro2 / 2$). Para estimar el esfuerzo reproductivo (nº de inflorescencias, flores y semillas), visitamos siempre las poblaciones en el momento óptimo de floración y producción de semillas. Para contabilizar el número de flores, seleccionamos en cada población 75 inflorescencias al azar (cinco por individuo). De este modo se obtuvo un valor medio, que luego fue extrapolado al total de inflorescencias de cada individuo. Dada la baja variabilidad en el número de semillas/silicua en cada población, se recolectaron 15 silicuas al azar

Tabla 1. Comparación de los GLM llevados a cabo acompañados de sus coeficientes y sus indicadores de ajuste. AIC (Akaike Information Criterion). Δ AIC (delta Akaike Information Criterion): diferencia de AIC respecto al modelo menos complejo (menor AIC) (Temperatura media: T^a media; Precipitación: Pp). [* $p < 0,05$; *** $p < 0,0001$].

Modelo	Intercepto	Coef ₁	Coef ₂	Nagelkerke's pseudo-R ²	AIC	Δ AIC
Climáticas:						
Esfuerzo reproductor~ T ^a media + Pp	79,6***	-3,45***	-0,02***	0,23	3804,2	0
Esfuerzo reproductor~ T ^a media	62,7***	-2,91***	-	0,21	3813,3	9,1
Esfuerzo reproductor~ Pp	13,1***	0,01*	-	0,01	3908,3	104,1
Morfométricas:						
Esfuerzo reproductor~ Diámetro medio	9,3***	0,16***	-	0,05	3892,7	88,5
Nulo: Esfuerzo reproductor~ 1	18,97***	-	-	0	3911,4	107,2

para calcular la producción media de semillas por silicua, que fue extrapolada al total de frutos del individuo. Para comparar la tasa de floración y producción de semillas entre especies y poblaciones, los valores se expresaron en unidades de superficie (en 100 cm²). El trabajo de campo se realizó en 2022 y 2023.

Se realizaron análisis comparativos entre especies y poblaciones y, según el número de grupos, se aplicaron test no paramétricos (Kruskal-Wallis o Wilcoxon), dado que las variables no seguían una distribución normal. Para el test de Kruskal-Wallis, se realizó la prueba de Dunn para comparaciones entre grupos.

Para analizar las relaciones entre los rasgos funcionales de cada especie y las variables climáticas (temperatura media y precipitación), se usaron datos de estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología y capas interpoladas a escala 200x200 m, homogeneizadas con el paquete «climatol» de R (Guijarro *et al.*, 2019) para el periodo 1959-2019 (Bello-Rodríguez *et al.*, 2023). Se modelizó el esfuerzo reproductor (flores/100 cm²) en función de las variables climáticas y morfométricas mediante dos modelos lineales generalizados (GLM) independientes, con una distribución gaussiana de la variable respuesta. Previo a crear estos modelos, se analizaron las correlaciones entre las variables predictoras, agrupando primero las climáticas y las morfológicas. Posteriormente, se eliminaron aquellas variables con un coeficiente de correlación de Pearson (r) superior a 0,7 y un factor de inflación de la varianza (VIF) superior a 5 (Zuur *et al.*, 2010), preservando el sentido ecológico para evitar problemas de multicolinealidad. Finalmente, las variables seleccionadas fueron el diámetro medio (para las morfométricas), y la temperatura media y la precipitación anual (como climáticas). En conjunto todas presentan un VIF <2 y un $r < 0,7$.

Para seleccionar el mejor GLM, se utilizó como variable respuesta flores/100 cm², relacionándose con el diámetro medio, la temperatura media y la precipitación anual, tanto de manera conjunta como separada. Estos cuatro modelos fueron evaluados usando el criterio de información de Akaike (AIC), en términos de balance entre complejidad y ajuste (Burham & Anderson, 2002), y el pseudo-R² de Nagelkerke como indicador de varianza explicada. Cada modelo se clasificó y ponderó, eligiendo como mejor el de menor AIC y, considerándose estadísticamente válidos aquellos con una diferencia de AIC <2. Los análisis se realizaron con la librería 'MuMIn' (Barton, 2023), y se compararon con un modelo nulo para verificar el efecto de ambos conjuntos de varia-

bles sobre la variable respuesta. Todos los análisis se realizaron en R 4.2.2.

Resultados y discusión

Las variables vegetativas no mostraron diferencias interespecíficas significativas para la altura de los individuos ($p > 0,05$) pero sí para el diámetro medio ($\chi^2_6 = 213,9$; $p < 0,0001$), siendo las especies de mayor diámetro *D. gonzalesii* (93,06±26,15 cm) y *D. bourgaeana* (92,91±38,47 cm) y las de menor, *D. millefolia* (50,31±31,01 cm) y *D. preauxiana* (44,41±23,49 cm). Además, se obtuvieron diferencias interespecíficas significativas para el esfuerzo reproductivo (número de inflorescencias, flores y semillas por cm²), en todos los rasgos analizados: número de inflorescencias ($\chi^2_6 = 109,7$; $p < 0,0001$), flores ($\chi^2_6 = 197,4$; $p < 0,0001$) y semillas ($\chi^2_6 = 258,4$; $p < 0,0001$). La altura resultó negativamente correlacionada con la temperatura media ($\rho = -0,19$; $p < 0,0001$) y positivamente con la precipitación ($\rho = 0,12$; $p < 0,01$), y el diámetro medio se correlacionó negativamente sólo con la temperatura media ($\rho = -0,32$; $p < 0,001$).

D. bourgaeana fue la especie con mayor número de inflorescencias/cm² (0,66±0,38 infl./cm²) y *D. artemisioides* (0,16±0,17 infl./cm²) la de menor número. Sin embargo, *D. gonzalesii* fue la especie que presentó mayor producción de flores/cm², con el esfuerzo reproductor más elevado (54,61±23,72 cm²) seguido de *D. bourgaeana* (42,18±26,60 flores/cm²). Por el contrario, las especies que obtuvieron menor esfuerzo fueron *D. artemisioides* (5,76±4,46 flores/cm²) y *D. millefolia* (9,57±12,04 flores/cm²). La producción de semillas/cm² sigue el mismo patrón que el de las flores. Las variables estaban altamente correlacionadas entre sí, siendo las mayores correlaciones la producción de flores/cm² con la producción de semillas/cm² ($\rho = 0,91$; $p < 0,05$). Además, se obtuvo una correlación positiva entre el número de inflorescencias/cm² con la producción de flores/cm² ($\rho = 0,74$; $p < 0,05$) y de semillas/cm² ($\rho = 0,77$; $p < 0,05$). Por tanto, a partir de ahora nos centramos en el número de flores/cm² como variable de esfuerzo reproductor.

El número de flores/cm² resultó negativamente correlacionado con los valores de temperatura media ($\rho = -0,54$; $p < 0,0001$), mínima ($\rho = -0,57$; $p < 0,0001$) y máxima ($\rho = -0,22$; $p < 0,0001$) y positivamente con la precipitación ($\rho = 0,13$; $p < 0,01$). Por otro lado, el efecto de los herbívoros invasores en estas especies llega a producir reducciones significativas en el tamaño de las plantas (Cubas *et al.*, 2019), que pueden afectar al 100% de su tasa de

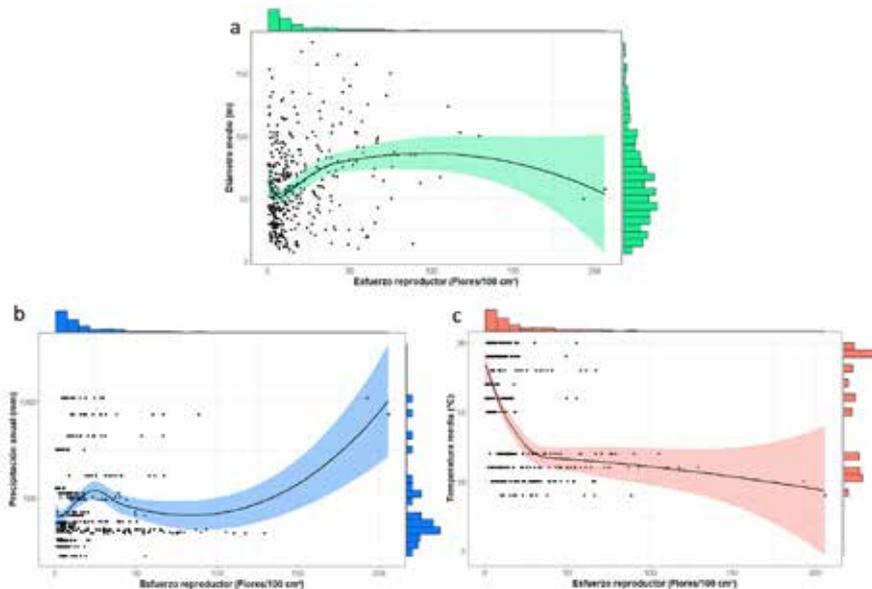


Figura 2. Relación del esfuerzo reproductor con el diámetro medio (a) y las variables climáticas de precipitación (b) y temperatura (c). Las barras horizontales y verticales fuera de los ejes muestran la frecuencia de los valores de cada variable.

floración. Tal es el caso de *D. millefolia* en La Gomera, donde más del 70% de los individuos están ramoneados por ganado o *D. bourgaeana* (Tenerife) con una frecuencia de daño del 94% por el conejo europeo (Cubas *et al.*, 2017). Sin embargo, en este estudio fueron desestimados los individuos más dañados, lo que explica la ausencia de correlación con los daños por herbivoría.

Los GLM realizados tanto con las variables climáticas como morfométricas, indican que la producción de flores/cm² está asociada negativamente con el conjunto de variables climáticas, ya que los modelos individuales tienen pseudo-R² muy bajos. El modelo morfométrico muestra una tendencia similar a las variables climáticas por separado. Por ejemplo, las especies localizadas a menor temperatura presentan mayor producción de flores/cm² (p.ej. *D. bourgaeana*, retamar de cumbre). En todos los casos, los valores de pseudo-R² son bajos (0,01-0,23, Tabla 1, Fig. 2), lo que además de implicar una pobre varianza explicada, indican la alta variabilidad inherente a estos procesos. A pesar de ello, los predictores climáticos en su conjunto explican mejor el esfuerzo reproductor que el tamaño de la planta. Estos modelos son mejores que el modelo nulo, pero no descartan

que otras variables, podrían mejorar el ajuste y podrían estar determinando el esfuerzo reproductor de las especies. Adicionalmente, los herbívoros invasores o la sequía (no incluidos en este estudio), también podrían influir en la tasa de floración.

Las diferencias intraespecíficas se valoraron a través del análisis de las diferencias intrapoblacionales. Cinco de las siete especies analizadas presentaron diferencias intrapoblacionales: *D. bourgaeana* ($\chi^2=6,43$; $p<0,05$), *D. gilva* ($\chi^2=8,20$; $p<0,05$), *D. lemsii* ($\chi^2=15$; $p<0,0001$), *D. millefolia* ($\chi^2=66,7$; $p<0,0001$) y *D. preauxiana* ($\chi^2=14,44$; $p<0,001$) (Fig. 3). *D. artemisioides* y *D. gonzalezii*, no mostraron diferencias significativas entre poblaciones lo que indica que el esfuerzo reproductor fue similar en las tres poblaciones analizadas ($p>0,05$).

En las localidades situadas en la vertiente norte, con mayor precipitación, las especies mostraron una producción de flores/cm² significativamente superior. Tal es el caso de las poblaciones situadas en la vertiente norte (La Crucita y Chipeque) de *D. lemsii* ($22,38\pm 10,49$ y $16,32\pm 10,47$ flores/cm² respectivamente). Sin embargo, esta tendencia no se observa para el resto de las especies. Incluso se ha observado un patrón opuesto en *D. bourgaeana*, ya que en la zona más árida del retamar de cumbre (Ucanca) se obtuvo mayor producción de flores que en las situadas en el sector norte (Los Roquillos e Izaña) (Fig. 3). Esto se puede relacionar con la abundancia de *Cytisus supranubius* en la localidad donde se estudió la población del sector sur. Esta especie es altamente palatable para el conejo, lo que hace que los daños producidos por este herbívoro en *D. bourgaeana*, menos palatable, sean menores (Cubas *et al.*, 2019).

El esfuerzo reproductor de *D. millefolia* fue muy variable en las localidades analizadas, siendo superior en el Barranco de la Madera y las Angustias (La Palma) ($34,68\pm 16,85$ y $13,11\pm 11,32$ flores/cm² respectivamente) (Fig. 3). El esfuerzo reproductor fue significativamente mayor en La Palma ($17,45\pm 17,36$ flores/cm²) que en otras islas donde está presente (La Gomera y Tenerife) ($\chi^2_6=19,32$; $p<0,0001$), lo que podría también explicarse en términos de mayor precipitación, siendo La Gomera donde se obtuvo menor producción de flores ($5,52\pm 2,61$ flores/cm²). Esto se puede relacionar con el impacto que el ganado ejerce sobre esta especie en las poblaciones analizadas, en las que llegan a eliminar por completo las inflorescencias de muchos ejemplares evitando su dispersión y regeneración.

Si comparamos además el esfuerzo reproductor entre las especies de cada isla, a excepción de La Gomera, donde sólo está presente *D. millefolia*, podemos observar que existen diferencias significativas en todas ellas; Tenerife ($\chi^2_3=126,99$; $p<0,0001$), La Palma ($W=1287$; $p<0,05$) y Gran Canaria ($W=967$ $p<0,0001$). Las especies situadas a cotas superiores fueron las que mostraron mayor esfuerzo reproductor en todas islas (*D. bourgaeana*, *D. gonzalezii*, *D. gilva* y *D. preauxiana*) (Fig. 4).

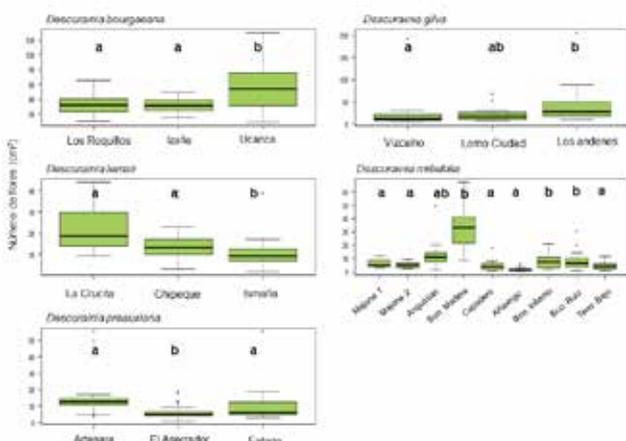


Figura 3. Media y desviación estándar del número de flores/cm² de las poblaciones analizadas de las especies del género *Descurainia*. Las letras minúsculas simbolizan las diferencias significativas entre poblaciones de cada una de las especies. Solo se muestran las especies con diferencias significativas y simbolizadas con letras minúsculas las diferencias entre poblaciones (test de Dunn, $p<0,05$).

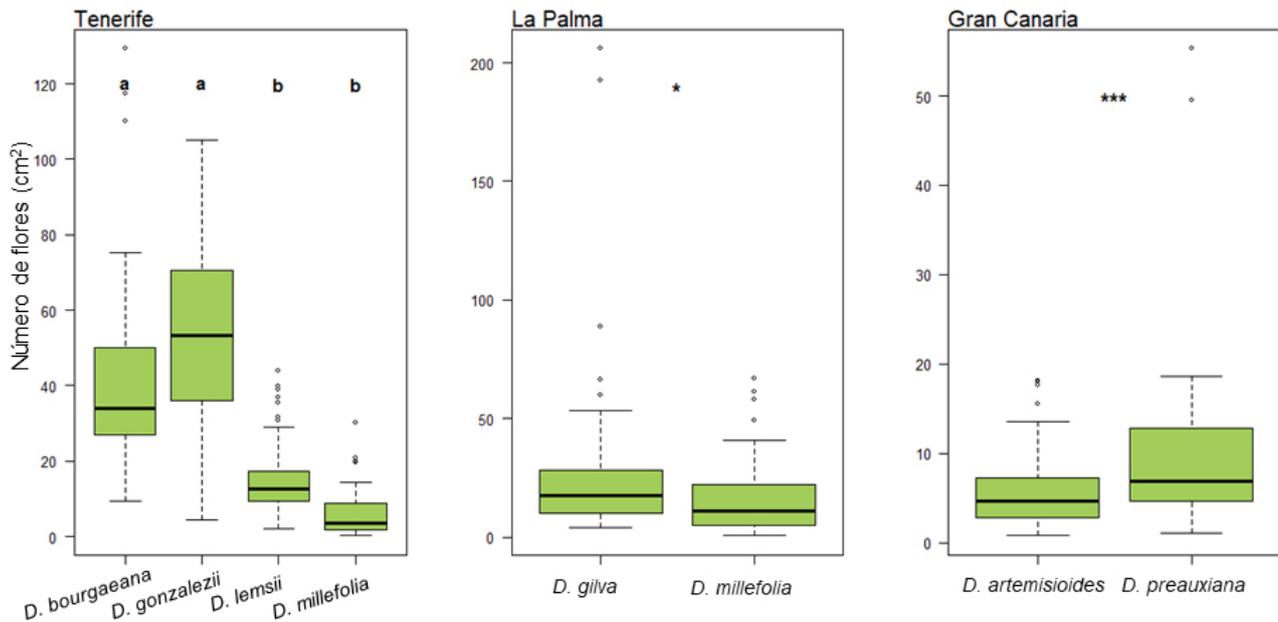


Figura 4. Media y desviación estándar del número de flores/cm² de cada especie en cada una de las islas donde está presente. Las letras minúsculas y el asterisco (*) simbolizan las diferencias significativas entre especies (test de Dunn, $p < 0,05$).

Conclusiones

1. Las especies del género *Descurainia* mostraron diferencias interespecíficas en el diámetro de las plantas y en el esfuerzo reproductor. No mostraron diferencias significativas en función de su altura, pero, según las correlaciones obtenidas con las variables climáticas, podemos afirmar que las especies de mayor diámetro medio se encuentran a cotas altas de la vertiente norte (fundamentalmente Tenerife y La Palma). Las diferencias significativas observadas respecto al diámetro medio de las especies estudiadas se explican por la correlación negativa con la temperatura media.
2. El 71,42% de las especies analizadas mostraron diferencias intrapoblacionales en el esfuerzo reproductor, pero no en los caracteres vegetativos analizados, lo que indica que el esfuerzo reproductor depende más de las variables climáticas que de las morfométricas.
3. Los modelos realizados indican que el esfuerzo reproductor (flores/cm²) queda mejor explicado por los predictores cli-

máticos que a partir del tamaño de la planta o las variables climáticas de manera independiente. A pesar de ello, no se obtuvo un pseudo-R² muy elevado. Otras variables pueden estar incidiendo en la tasa de floración.

4. La ausencia de variaciones intrapoblacionales en el esfuerzo reproductor de *D. gonzalezii* y *D. artemisioides* podría explicarse por el carácter restringido de su área de distribución.

Agradecimientos

Agradecemos a los miembros del equipo de investigación, así como a los colaboradores Juan Francisco Guisado, Ana León y Jesús Parada su ayuda en campo. Al Organismo Autónomo de Parques Nacionales (REF2656/2020) y el Gobierno de Canarias (Convenio de Cooperación del Gobierno de Canarias-Universidad de la Laguna) por la financiación del estudio.

Bibliografía

- Albert C, T Wilfried, Yoccoz N, Soudant A, Boucher F, Saccone P & S Lavorel (2010) Intraspecific functional variability: Extent, structure and sources of variation. *Journal of Ecology* 98: 604–613.
- BartořK (2023). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.47.5. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Bello-Rodríguez, V, Hamann A, Martín-Esquivel JL, Cubas J, Del Arco MJ & JM González-Mancebo (2023) Habitat loss and biotic velocity response to climate change for alpine plant species in Atlantic oceanic islands. *Diversity*, 15(7): 864.
- Burnham KP & DR Anderson (2002) Model selection and multimodel inference. A practical information-theoretic approach. Springer, Nueva York.
- Cubas J, Irl SDH, Villafuerte R, Bello-Rodríguez V, Rodríguez-Luengo JL, del Arco M, Martín-Esquivel JL & JM González-Mancebo (2019) Endemic plant species are more palatable to introduced herbivores than non-endemics. *Proceeding B of Royal Society of Ecology* 286: 20190136.
- Cubas, J, Martín-Esquivel JL, del Arco M & JM González-Mancebo (2017). El conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus* L.) como ingeniero de paisaje en la alta montaña canaria. *Conservación Vegetal*, 21:14-17
- Dickson CR, Baker DJ, Bergstrom DM, Bricher PK, Brookes RH, Raymond B, Selkirk PM, Shaw JD, Terauds A, Whinam J & MA McGeoch (2019) Spatial variation in the ongoing and widespread decline of a keystone plant species. *Austral Ecology* 44(5):891–905.
- González-Mancebo JM, Bello-Rodríguez V, Cubas J, Parada-Díaz J, Bañares Á, Palomares Á, Martín-Esquivel JL & M del Arco (2023) Assessing global warming vulnerability of restricted and common plant species in alpine habitats on two oceanic islands *Biodiversity and Conservation* 32(14): 4831-4851.
- Goodson BE, Santos-Guerra A & RK Jansen (2006) Molecular systematics of *Descurainia* (Brassicaceae) in the Canary Islands: biogeographic and taxonomic implications. *Taxon* 55(3): 671-682.
- Guijarro JA, López JA, Aguilar E & J Sigró (2019) Package 'climatol' MULTITEST project. (s.f.). Climatol.eu.
- Hanz DM, Cutts V, Barajas-Barbosa MP, Algar A, Beierkuhnlein C, Collart F, Fernández-Palacios JM, Field R, Karger DN, Kienle DR, Kreft H, Patiño J, Schrodt F, Steinbauer MJ, Weigelt P & Irl SDH (2023) Effects of climate change on the distribution of plant species and plant functional strategies on the Canary Islands. *Diversity and Distributions* 29:1157-1171.
- Kattge J, Boenisch G, Diaz S, Lavorel S, Prentice IC, Leadley P, Tautenhahn S, Werner GDA, Aakala T, Abedi M, Acosta ATR, Adamidis GC, Adamson K, Aiba M, Albert CH, Alcantara JM, Alcazar CC, Aleixo I, Ali H & C Wirth (2020) TRY plant trait database—enhanced coverage and open access. *Global Change Biology* 26 (1):119-188.
- Koutsidi M, Moukas C & E Tzanos (2020) Trait-based life strategies, ecological niches, and niche overlap in the nekton of the data-poor Mediterranean Sea. *Ecology and Evolution* 10:7129-7144.
- Richardson DM & P Pyšek (2006) Plant invasions: Merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography* 30:409-431.
- Zuur A, Ieno EN & CS Elphick (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution* 1: 3-14.