

# Velocidad de respuesta al cambio climático de las especies del género *Viola* en la alta montaña de Canarias

## *Velocity of response to climate change of Viola spp. in the alpine ecosystem of the Canary Islands*

DOI: 10.15366/cv2021.25.003

### Resumen / Abstract

El género *Viola* es uno de los más amenazados por el cambio climático y los herbívoros invasores en la alta montaña de Canarias, estando representado actualmente por los endemismos insulares *V. palmensis* (La Palma), y *V. cheiranthifolia* y *V. guaxarensis* (Tenerife). En este trabajo se ha modelizado la distribución potencial de estas tres especies en distintos escenarios climáticos, con novedades como la incorporación de modelos hacia el pasado (período 1959-1989) y del cálculo de velocidad de respuesta al cambio climático para cada especie. Los resultados reflejan que en las últimas décadas *V. guaxarensis* ha perdido un 22,7% de superficie potencial y más de un 40% para *V. palmensis* y *V. cheiranthifolia*. Las proyecciones hacia el futuro son especialmente preocupantes para estas dos últimas especies, dado que tienden a reducir su área de distribución potencial en los sectores más elevados de ambas islas, los cuales se convertirán en sumideros de biodiversidad. La velocidad con la que las especies deben migrar para compensar estos cambios es mayor cuando se ven obligadas a salvar grandes depresiones para encontrar su nicho, tal y como se prevé que ocurra en el futuro con *V. guaxarensis* cuya idoneidad de hábitat está centrada en el Teide. En base a estos resultados se propone el reforzamiento de las poblaciones, el control y/o erradicación de herbívoros y las traslocaciones.

*The genus Viola, currently being represented in the alpine ecosystem of the Canary Islands by the insular endemisms V. palmensis (La Palma) and V. cheiranthifolia and V. guaxarensis (Tenerife), is one of the most threatened by climate change and herbivores. In this work, the potential distribution of these three Viola species has been modelled in different climatic scenarios, incorporating novelties such as models towards the past (1959-1989) and a calculation of the velocity of response to climate change for each species. The results show that in the last decades, V. guaxarensis has lost a 22,7% of potential surface and more than 40% for V. palmensis and V. cheiranthifolia. Future projections are especially worrying for these last two species, as they tend to reduce their potential distribution area in the highest sectors of both islands, which will become biodiversity sinks. The velocity with which the species must migrate to compensate for these changes is greater when they are forced to cross large distances to find their niche, as it is expected to occur in the future with V. guaxarensis, since its habitat suitability is focussed on Mount Teide. Based on these results, it is proposed to reinforce the populations, control or eradicate herbivores and to carry out traslocations.*

### Palabras clave / Keywords

Cambio climático, conservación, especies amenazadas, herbivoría, modelos de distribución de especies.

*Climate change, conservation, threatened species, herbivory, species distribution models*

### Introducción

La alta montaña de Canarias alberga una elevada endemidad, gracias a sus peculiaridades climáticas y geológicas, y al doble aislamiento que supone la altitud (más de 2.000 m) dentro de una isla. Es precisamente en este ecosistema donde la problemática del cambio climático es más acusada. En primer lugar, porque son áreas alejadas de la influencia suavizante del mar y los vientos alisios, lo que provoca que el aumento de temperatura esté siendo ya notablemente más rápido que en zonas costeras y de medianías (Martín *et al.*, 2012). En segundo lugar, porque las especies tienden a migrar hacia cotas altitudinales superiores, donde se presentan condiciones climáticas similares a las del escenario actual (Del Arco *et al.*, 2008). Pese a que las altitudes máximas de la alta montaña de Canarias se encuentran entre los 2.426 m s.n.m. de La Palma y los 3.715 m s.n.m. de Tenerife, muchas especies que actualmente crecen en las cimas de ambas islas, no dispondrán de áreas hacia las que migrar.

En esta coyuntura se encuentran actualmente varios endemismos insulares del género *Viola*, que está representado en la alta montaña canaria por tres especies: *V. palmensis* Webb & Berthel., exclusiva de la isla de La Palma, y *V. cheiranthifolia* Humb. & Bonpl. y la recientemente descrita *V. guaxarensis* M. Marrero, Docoito Díaz & Martín Esquivel que son exclusivas de Tenerife (Fig. 1). Las dos primeras se encuentran bajo la categoría de especie "Vulnerable" (Gobierno de Canarias, 2021), mientras que *V. guaxarensis*, hasta 2020 considerada una subpoblación de *V. cheiranthifolia*, probablemente se incluirá en la categoría de especie en peligro de extinción.

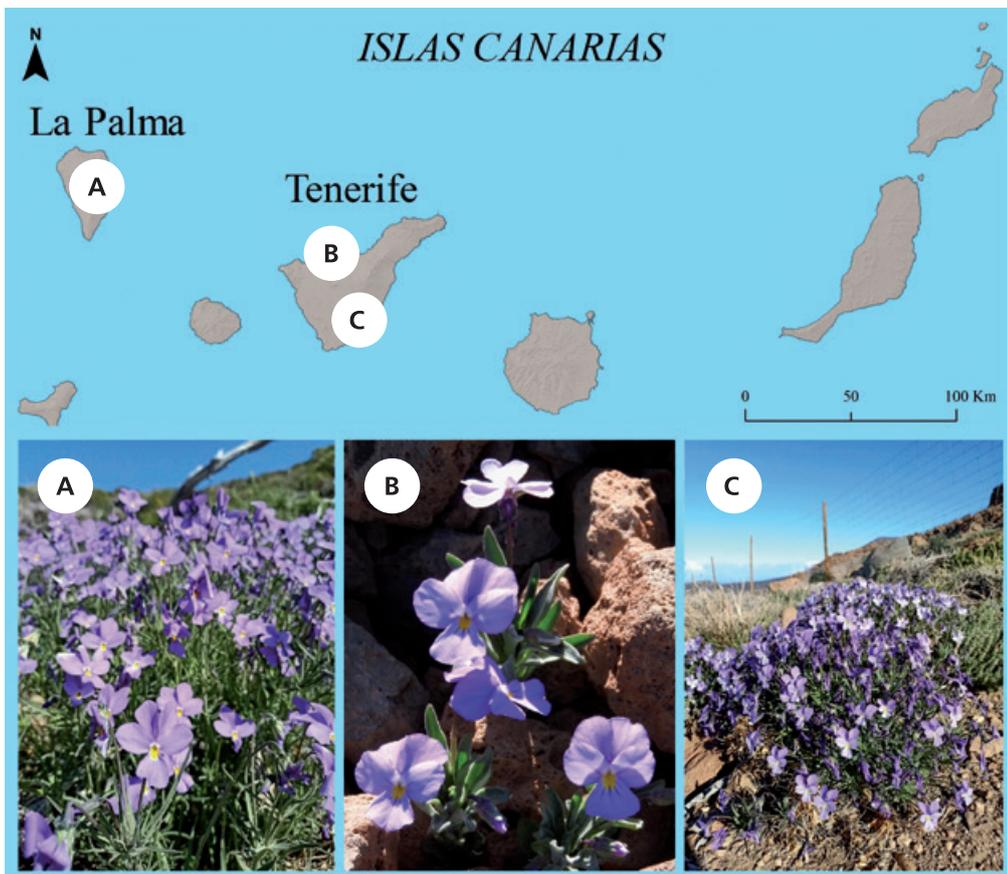
Junto al cambio climático, estas tres especies se enfrentan a varios agravantes que complican tanto su situación actual

como las posibilidades reales de responder a sus consecuencias. Estos son, el escaso número de individuos, y por otro lado, la presencia de herbívoros invasores como el conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus* Linnaeus, 1758), el muflón (*Ovis aries musimon* Pallas, 1811) en Tenerife y el arruí en La Palma (*Ammotragus lervia* Pallas, 1777) (Seguí *et al.*, 2017; Cubas *et al.*, 2019).

Bajo este contexto, en el presente trabajo se ha analizado el área potencial actual de las tres especies de *Viola* considerando variables climáticas, así como sus trayectorias de migración en diferentes escenarios, para comprender qué zonas podrían ocupar potencialmente sin las limitaciones actuales y en qué áreas debería de gestionarse su futuro. Aunque existen trabajos sobre modelización de la distribución de especies canarias frente al cambio climático (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2019), este es el primero que añade la velocidad de respuesta de las especies al mismo, un parámetro de creciente interés al aportar información más allá del habitual dato de superficie potencial (Hamann *et al.*, 2015). Además, dado que los efectos del cambio climático han comenzado a ser cada vez más evidentes en las últimas décadas (Martín *et al.*, 2012), se incluye también un escenario pasado que aporta información novedosa que puede ayudar a comprender el estado actual de las poblaciones y que se apoya en datos reales registrados por estaciones meteorológicas.

### Material y métodos

Para generar los modelos de distribución potencial de las tres especies de *Viola*, se han combinado las presencias recogidas por el Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias (Gobierno de Canarias, 2021) y datos propios de ambos parques nacionales. A su vez, se han generado capas de tempera-



**Figura 1.** Localización y aspecto general de las tres especies de *Viola* de alta montaña de Canarias: **A)** *V. palmensis*, **B)** *V. cheiranthifolia* y, **C)** *V. guaxarensis*

tura y precipitación con resolución de 200 × 200 m a partir de interpolaciones de datos de estaciones meteorológicas (AEMET) para el escenario pasado (período 1959-1989) y el presente (1990-2019), apoyándonos parcialmente en datos homogeneizados con el paquete de RStudio '*climatol*' (Guijarro, 2019) para los años con menor cantidad de datos. Para comprobar las tendencias hacia el futuro se han adaptado a Canarias proyecciones CMIP5 a nivel mundial para los periodos 2041-2060 y 2061-2080 bajo trayectorias de concentración representativas en el más pesimista de los escenarios (RCP 8.5) (Karger *et al.*, 2017), donde para las Canarias occidentales aumentan las temperaturas entre 1 y 2 °C respectivamente, y desciende la precipitación entre el 9 y el 14%. Toda esa información se ha combinado en Maxent 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2006) para obtener los modelos.

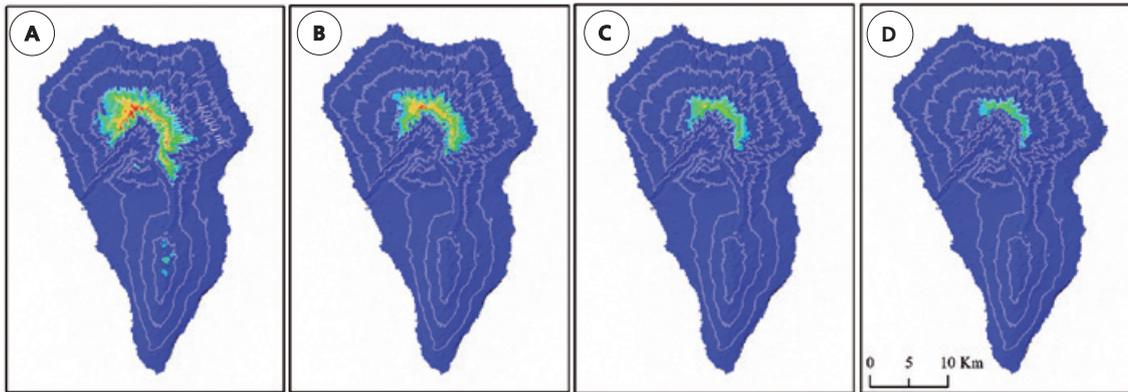
Para cada escenario se han obtenido mapas con valores que van de 0 a 1 en función de la menor o mayor idoneidad de hábitat de cada especie. Esa información se ha clasificado como "idóneo" o "no idóneo" según el cálculo de la superficie ocupada por cada especie en los distintos escenarios, por medio del umbral del décimo percentil que incluye el 90% de los registros de presencia y excluye el 10% restante. Junto a los mapas de distribución potencial y sus cambios de superficie, se ha otorgado a cada especie un valor de velocidad de cambio climático, entendida como la distancia que, como media, debe recorrer por año cada especie para volver a encontrar su nicho en los diferentes escenarios. Dicho valor medio se obtiene a partir de los algoritmos de Hamann *et al.* (2015), que permiten obtener mapas de distancias comparando la localización del área potencial de la especie entre escenarios. En aquellos píxeles donde hay ganancia o pérdida de hábitat se obtiene un valor de distancia, que se divide

por un periodo temporal (entre 29 y 50 años en este trabajo).

## Resultados y discusión

Todos los modelos presentan valores del área bajo la curva (AUC) muy próximas a 1, lo que implica un alto valor predictivo. Teniendo en cuenta las presencias actuales, el nicho potencial de las tres violetas se ha reducido ya desde el escenario pasado hasta el presente, con reducciones del 40,3% para *V. palmensis*, el 46,7% para *V. cheiranthifolia* y del 22,7% para *V. guaxarensis*, perdiendo superficie en las cumbres del sur de ambas islas (ver Tabla 1 y Figs. 2 y 3). A su vez, los modelos hacia el futuro muestran que esas pérdidas continuarán incrementándose con porcentajes de reducción de nicho con respecto al presente que van desde el 63,7% de *V. palmensis*, al 37,7% de *V. cheiranthifolia*

y el 32,6% de *V. guaxarensis* en el escenario RCP 8.5 del periodo 2041-2060, continuando en el periodo 2061-80 con reducciones del 91,7%, 50,3% y 49,1% respectivamente (Tabla 1). *V. guaxarensis*, presenta el nicho potencial actual más amplio, con más de 6.000 ha repartidas entre el estratovolcán del Teide y zonas elevadas de la caldera volcánica que lo rodea (ver Tabla 1 y Fig. 2). Debido a su distribución actual centrada en un estrecho sector sobre los 2.400-2.500 m s.n.m. en el circo de Las Cañadas del Teide, el modelo muestra cómo la especie necesitará en el futuro desplazarse hacia zonas más elevadas que sólo se encontrarían a gran distancia, sobre el propio estratovolcán del Teide. Por su parte, *V. cheiranthifolia*, pese a ser la primera vez que se modeliza separada de *V. guaxarensis*, coincide en gran medida con la distribución potencial sugerida por Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2019). La especie comparte, tanto en el escenario pasado como en el presente, parte del nicho de *V. guaxarensis*, lo que avala la idea de que en el pasado fueron la misma especie hasta que quedaron aisladas por erupciones recientes hasta presentar sus actuales diferencias genéticas y morfológicas (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2019; Marrero-Gómez *et al.*, 2020). Los modelos muestran cómo esa conexión se va perdiendo progresivamente, quedando *V. cheiranthifolia* progresivamente aislada en el propio Teide, donde su superficie se reduce notablemente en los escenarios futuros. En el caso de *V. palmensis*, los modelos muestran que la especie solo se mantendrá en zonas elevadas y cada vez más reducidas de su actual entorno en La Caldera de Taburiente, tendiendo incluso a la extinción. Pierde, además, una limitada zona de hábitat potencial en Cumbre Vieja, un sector del sur de la isla y alejada del Parque Nacional que alcanza los 1.949 m s.n.m., en la que la especie nunca ha sido citada.



*Viola palmensis*

Idoneidad de hábitat: BAJA ALTA

**Figura 2.** Distribución potencial de *Viola palmensis* en La Palma en diferentes escenarios climáticos: **A)** escenario pasado (1959-1989), **B)** presente (1990-2019) y los futuros escenarios RCP 8.5 para los periodos **C)** 2041-2070 y **D)** 2061-2080.

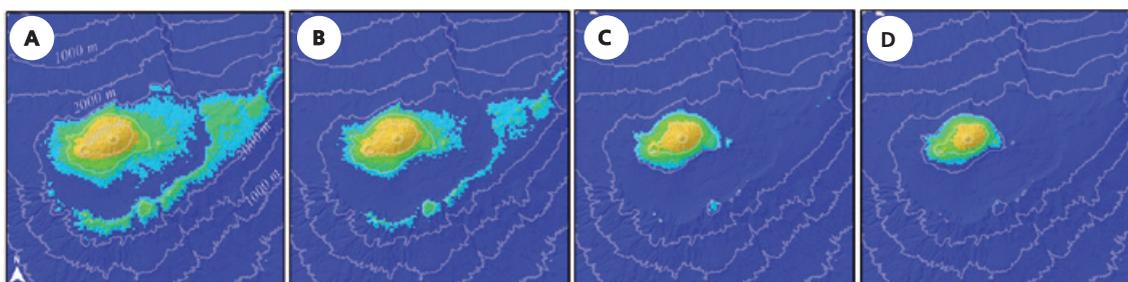
A su vez, se observan distintas velocidades de respuesta al cambio climático, que varían en función del relieve y lo alejadas que estén las zonas hacia las que las especies deberían migrar. De esta manera, *V. palmensis* muestra un dato ligeramente más destacado entre el escenario pasado y el presente (21,1 m/año), debido a ese hipotético salto que la especie daría al perder área potencial desde la zona de Cumbre Vieja. Por su parte, *V. cheiranthifolia* presenta los datos más elevados de velocidad en los escenarios futuros (ver Tabla 1), debido a la desaparición de su nicho en la zona superior del circo de Las Cañadas del Teide hasta centrarse en el propio estratovolcán, por encima de los 2.500 m s.n.m. Algo similar ocurre con *V. guaxarensis*, que incrementa su velocidad de respuesta al cambio climático a medida que se va viendo obligada a dar el salto desde el área de Guajara (2.715 m) hacia el Teide, que se ubica a unos 5-6 km de distancia. Un salto bastante improbable dada la limitada capacidad de dispersión de estas especies, basada en balistocoria y mirmecocoria (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2019).

Sin lugar a dudas, la presión por herbivoría que padecen estas tres especies (Seguí *et al.*, 2017; Cubas *et al.*, 2019) ha contribuido a la pérdida de sus áreas de distribución actual y a que los modelos infravaloren su distribución potencial al estar limitados por las escasas presencias actuales. Es especialmente grave la situación de *V. palmensis* y *V. cheiranthifolia*, situadas en las cimas de ambas islas dado que los modelos mues-

tran crecientes dificultades para encontrar áreas idóneas. *V. guaxarensis*, ubicada a menor altitud, muestra una situación más favorable, pero al encontrarse restringida a unos pocos individuos (mayoritariamente dentro de vallados) se complican enormemente sus posibilidades de progresión.

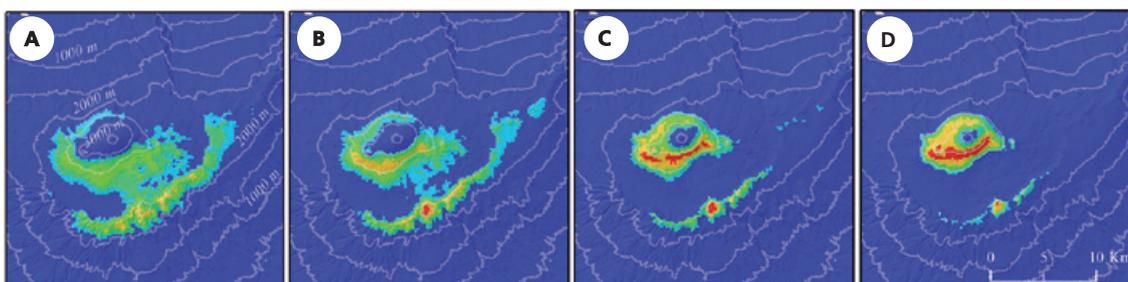
### Conclusiones

Los modelos obtenidos muestran la elevada vulnerabilidad que presentan las especies de cumbre a los cambios que han sucedido y que aún están por venir en relación al cambio climático. El estudio de los escenarios pasados con datos reales representa un análisis directo de gran valor para analizar la tendencia de las especies y explicar las restricciones en las distribuciones actuales. Las tres especies de *Viola* estudiadas han perdido, desde mediados del siglo pasado hasta la actualidad, porcentajes de superficie potencial que van desde el 22% hasta el 47%. Los escenarios futuros confirman la vulnerabilidad de las áreas de cumbre de ambas islas y la necesidad de preservarlas al máximo. Esto es especialmente importante en la isla de La Palma, donde solo hay 2.068 ha de ecosistema de cumbre por encima de 2.000 m s.n.m. A ello se le une una cota máxima de 2.426 m s.n.m. y diversas construcciones ya realizadas o previstas, que contribuyen a convertir a esta zona en un auténtico sumidero de biodiversidad. En general, se recomienda el reforzamiento de las poblaciones actuales de las tres especies de *Viola* de alta montaña de Canarias y medidas más agresivas frente a



*Viola cheiranthifolia*

**Figura 3.** Distribución potencial de *Viola cheiranthifolia* y *Viola guaxarensis* en el Parque Nacional del Teide (Tenerife) en diferentes escenarios climáticos: **A)** escenario pasado (1959-1989), **B)** presente (1990-2019) y los futuros escenarios RCP 8.5 para los periodos **C)** 2041-2070 y **D)** 2061-2080.



*Viola guaxarensis*

Idoneidad de hábitat: BAJA ALTA

los herbívoros invasores (erradicación de arruí y muflón y mayor control del conejo en las zonas aledañas a las poblaciones actuales). Además, al menos para *V. guaxarensis* los modelos reflejan la necesidad de favorecer en el futuro su migración de forma asistida, haciendo traslocaciones al área que podemos considerar como refugio climático en el estratovolcán Teide-Pico Viejo, siempre y cuando se eviten posibles problemas de hibridación con *V. cheiranthifolia*.

	Pasado 1959-1989	Presente 1990-2019	Futuro RCP 8.5 2041-2060	Futuro RCP 8.5 2061-2080
<b>Superficie (ha)</b>				
<i>V. palmensis</i>	2.988	1.784	648	148
<i>V. cheiranthifolia</i>	7.022	3.745	2.332	1.860
<i>V. guaxarensis</i>	7.960	6.152	4.148	3.132
<b>Velocidad media de respuesta al cambio climático (m / año)</b>				
<i>V. palmensis</i>	21,1	-	15,7	20,0
<i>V. cheiranthifolia</i>	19,6	-	54,0	30,2
<i>V. guaxarensis</i>	11,0	-	21,2	25,1

**Tabla 1.** Datos de superficie y velocidad media de respuesta al cambio climático de *Viola* spp. en los diferentes escenarios.

## Bibliografía

- Cubas J., Irl S. D., Villafuerte R., Bello-Rodríguez V., Rodríguez-Luengo J. L., Del Arco M., Martín Esquivel J.L. & J.M. González-Mancebo (2019) Endemic plant species are more palatable to introduced herbivores than non-endemics. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1900), 20190136.
- Del Arco M.J. (2008) La flora y la vegetación canaria ante el cambio climático actual. *Naturaleza amenazada por los cambios en el clima Actas III Semana Científica Telesforo Bravo*, pp. Tenerife: Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias, 105-140.
- Gobierno de Canarias. Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias (<http://www.biodiversidadcanarias.es/biota>) [ Julio de 2021].
- Hamann A., Roberts D. R., Barber Q. E., Carroll C. & S.E. Nielsen (2015) Velocity of climate change algorithms for guiding conservation and management. *Global Change Biology* 21(2): 997-1004.
- Karger D.N., Conrad O., Böhner J., Kawohl T., Kreft, H. Soria-Auza R.W., Zimmermann N.E., Linder P. & M. Kessler (2017) Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. *Scientific Data*. 4: 170122.
- Marrero-Gómez M. V., Martín Esquivel J. L., Doquito Díaz J. R. D. & M.S. Izquierdo (2020) *Viola guaxarensis* (Violaceae): a new *Viola* from Tenerife, Canary Islands, Spain. *Willdenowia* 50(1): 13-21.
- Martin J. L., Bethencourt J., & E. Cuevas-Agulló (2012) Assessment of global warming on the island of Tenerife, Canary Islands (Spain). Trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change* 114(2): 343-355.
- Phillips S. J., Anderson R. P. & R.E. Schapire (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190(3-4): 231-259.
- Rodríguez-Rodríguez P., G. Fernández de Castro A., Seguí J., Traveset A., & P.A. Sosa (2019) Alpine species in dynamic insular ecosystems through time: conservation genetics and niche shift estimates of the endemic and vulnerable *Viola cheiranthifolia*. *Annals of Botany* 123(3): 505-519.
- Seguí J., López-Darías M., Pérez A.J., Nogales M. & A. Traveset (2017) Species-environment interactions changed by introduced herbivores in an oceanic high-mountain ecosystem. *AoB Plants* 9: plw091.

VÍCTOR BELLO-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, JONAY CUBAS<sup>1</sup>, MARCELINO J. DEL ARCO<sup>1</sup>, JOSÉ L. MARTÍN ESQUIVEL<sup>2</sup>, MANUEL V. MARRERO-GÓMEZ<sup>2</sup>, JUANA MARÍA GONZÁLEZ-MANCEBO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación Plant Conservation and Biogeography. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de La Laguna. Avda. Francisco Sánchez s/n, 38206 La Laguna, S.C. de Tenerife, España.

<sup>2</sup> Parque Nacional del Teide, C/ Dr. Sixto Perera González, 25, 38300 La Orotava, Tenerife, Islas Canarias, España

# El censo como herramienta para conocer y proteger La Tejeda del Mosquito

DOI: 10.15366/cv2021.25.004

## *The census as a tool to know and protect La Tejeda del Mosquito*

### Resumen / Abstract

Unos kilómetros al norte del Hayedo de Montejo, en la zona conocida como El Mosquito, la Asociación de Amigos del Tejo y las Tejedas (AATT) ha realizado un censo de *Taxus baccata* L. en el que se han contabilizado 8.304 ejemplares. Alrededor de la mitad (54%) tiene entre 5 cm y 1,5 m de altura mientras el resto presenta mayor talla, incluso hasta perímetros de tronco superiores a 3 m. La mayor parte se localizan en zonas muy concretas, ocupando el grueso de la población unas 55 ha, y con una distribución estructural y espacial que demuestra la plasticidad de la especie. El tamaño y la densidad de esta población supera la de cualquier otra de la Comunidad de Madrid y del Sistema Central conocidas hasta el momento, y se ha determinado que el área estudiada tiene todas las características exigidas para ser considerada Hábitat 9580\*: Bosques mediterráneos de *Taxus baccata* L., con las peculiaridades en la composición de las especies acompañantes inherentes a los bosques mediterráneos, acentuadas por su influencia atlántica.

*A few kilometers north of Hayedo de Montejo, in an area called El Mosquito, the Spanish Association of Friends of the Yew has carried out a census of Taxus baccata L., that led to counting 8.304 specimens ranging from 5 cm to 1,5 m high (54% of them) to above 3 m of perimeter at breast height. Most of them are located in very specific clusters with the bulk of the population in about 55 ha and with a spatial and structural distribution that demonstrates the plasticity of the species. The size of the population exceeds any other yew grove known in the Community of Madrid and the whole Central System. The study area has all the requirements to be classified as Habitat 9580\* : Mediterranean forests of Taxus baccata L. with the peculiarities in the composition of accompanying species inherent to Mediterranean forests, accentuated by its Atlantic influence.*

### Palabras clave / Keywords

Tejeda, regeneración, censo, hábitat 9580\*

*Yew grove, rewilding woodland, census, habitat 9580\**