



MODELO DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE *GENISTA LONGIPES* PAU NA SERRA D'AITANA (ALACANT, ESPANHA)

MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *GENISTA LONGIPES* PAU EN LA SERRA D'AITANA (ALACANT, ESPAÑA)

José Emilio Martínez Pérez, Ángel Sánchez Pardo, Pablo Giménez Font, Ascensión Padilla Blanco & Juan Antonio Marco Molina. Universidad de Alicante/Universitat d'Alacant

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el estudio de la distribución y dinámica de plantas acantonadas en sectores cacuminales ha experimentado un creciente interés científico por tratarse de elementos indicadores del calentamiento climático (Grabherr et al., 1994; Gottfried et al., 2012; Valladares et al., 2015). Numerosos enclaves montañosos, en especial del mundo mediterráneo (Pérez-Luque et al., 2015), son especialmente vulnerables tanto por su condición de áreas refugio como por su fragilidad ante cambios en la temperatura y la disponibilidad de agua (Gottfried et al., 2015). Los matorrales orófilos béticos, en los cuales se integra *Genista longipes* Pau, son una de las comunidades vegetales más vulnerables al calentamiento global. En concreto, esta fabácea es endémica del cuadrante SE de la Península Ibérica -Aitana es su localidad más oriental-, está incluida en el Anexo II (Protegidas no catalogadas) del *Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazada* (2010) y considerada como Vulnerable (VU) en las categorías de la IUCN. Con el fin de profundizar en el conocimiento de los factores que condicionan la distribución de esta planta se ha procedido a modelizar las áreas potenciales de presencia de *G. longipes* y determinar las variables ambientales más influyentes en su distribución.

METODOLOGÍA

El punto de partida fue la colecta en campo de datos de presencia de la planta mediante la utilización de GPS con precisión decimétrica. La recolección, iniciada en 2004, atendiendo la metodología descrita en Marco et al. (2006), se completó con



III Congresso Iberoamericano de Biogeografia - III CIB
I Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - I CBB
XIII Congresso Espanhol de Biogeografia - XIII CEB

sucesivas campañas y revisiones desde 2014 hasta 2022 (Marco et al., 2016, 2020). Con todo, estos datos tienen formato vectorial poligonal y, en menor medida, de puntos. Así, se utilizó el complemento *Dot Map* de QGIS para generar, a partir de los polígonos, una capa de puntos aleatorios con la densidad media de ejemplares para cada uno de los polígonos. En este trabajo se ha utilizado el modelo de máxima entropía *Maxent* (Phillips et al., 2006). Esta herramienta de modelado de nicho ecológico permite predecir la distribución potencial de especies a partir de un conjunto de variables ambientales. Se utilizaron dos conjuntos de variables ambientales: por un lado, variables topográficas y climáticas generales, incluyendo altitud, litología, pendiente, orientación, precipitación anual, temperatura media anual, humedad relativa, entre otras. Y, por otro, un conjunto de 19 variables bioclimáticas procedentes de WorldClim (Fick & Hijmans, 2017), entre las que se encuentran temperatura máxima del mes más cálido (BIO_05), la temperatura mínima del mes más frío (BIO_06), o la precipitación del trimestre más seco (BIO_17), entre otras. Los modelos se generaron utilizando *Maxent* versión 3.4.4 para obtener el mapa de predicción de la distribución. La precisión del modelo se evaluó utilizando el área bajo la curva (AUC) de la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), que mide la capacidad del modelo para distinguir entre presencia y ausencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo con variables topográficas y climáticas generales

El primer modelo, en el que se utilizaron variables topográficas y climáticas de carácter general, mostró que la altitud es la variable más influyente, con una contribución del 87.1% y una importancia de permutación del 80%. Esto sugiere que *G. longipes* se distribuye preferentemente en zonas elevadas, destacando la importancia de la altitud en la predicción de su hábitat. La litología también tiene una contribución significativa del 9.1% y una importancia de permutación del 17.2%, lo que indica que las características geológicas específicas son críticas para la presencia de esta especie. Las tasas de omisión y las áreas predichas se evaluaron a través de diferentes umbrales acumulativos, mostrando una alta precisión en la predicción con un AUC



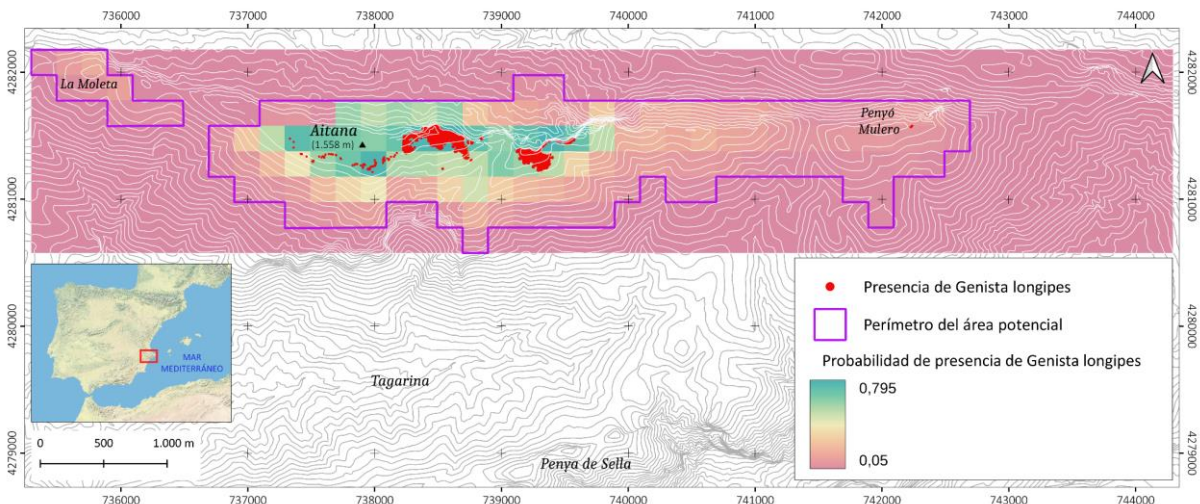
III Congresso Iberoamericano de Biogeografía - III CIB
I Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - I CBB
XIII Congresso Espanhol de Biogeografia - XIII CEB

(Área Bajo la Curva) de entrenamiento de 0.943 y de prueba de 0.960. Estas métricas sugieren que el modelo es robusto y fiable para predecir la distribución potencial de *G. longipes*.

Modelo con variables bioclimáticas de WorldClim

El segundo modelo incorporó variables climáticas como la temperatura máxima del mes más cálido (BIO_05) y la precipitación del trimestre más seco (BIO_17). Estos factores fueron los más influyentes, con contribuciones del 63.4% y 24.5%, respectivamente. Esto indica que *G. longipes* está significativamente afectada por condiciones climáticas extremas, lo que resalta la vulnerabilidad de la especie frente a variaciones climáticas. Al igual que el modelo anterior, se evaluaron tasas de omisión y áreas predichas, arrojando un AUC de entrenamiento de 0.891 y de prueba de 0.886. Estos resultados son indicativos de la alta precisión y fiabilidad del modelo basado en variables climáticas.

Figura 1: Mapa de probabilidad de aparición de *Genista longipes* Pau en la Serra d'Aitana, generado mediante el modelo Maxent. Los colores próximos al verde indican mayor probabilidad de presencia de la especie, mientras que las áreas próximas al rojo muestran menor probabilidad.



Fuente: Datos de presencia tomados en campo y procesados en Maxent. Elaboración propia

Interpretación Ecológica (discusión).

Los modelos de *Maxent* proporcionan una herramienta interesante para entender la distribución de *G. longipes* y los factores ambientales que la determinan. La fuerte



III Congresso Iberoamericano de Biogeografia - III CIB
I Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - I CBB
XIII Congresso Espanhol de Biogeografia - XIII CEB

dependencia de la altitud y de las variables climáticas extremas sugiere que *G. longipes* es una especie especializada, con una distribución restringida a hábitats específicos en términos de altitud y condiciones climáticas. Estos resultados, por una parte, conciden con los obtenidos en otras ocasiones respecto de los condicionantes topográficos, especialmente respecto de la altitud (Marco et al., 2020), localizándose mayoritariamente por encima de los 1450 msnm, coincidiendo con lo señalado por Castroviejo et al. (1993). No obstante, en aquella ocasión, se resaltó la excepción que supone una pequeña subpoblación acantonada a 1300 msnm; para la cual se encontró justificación desde el plano térmico (temperatura media anual de las mínimas) (Marco et al., 2020). Con la utilización de estos modelos, si bien las variables más significativas son las relativas a la componente térmica, también se ha destacado alguna relacionada con las precipitaciones; lo cual, en conjunto, indica una evidente vinculación con unas condiciones climáticas extremas.

CONSIDERACIONES FINALES

Los modelos Maxent han demostrado ser efectivos para la predicción de la distribución potencial de *Genista longipes*, poniendo de manifiesto la importancia de la altitud y las variables climáticas extremas en especies adaptadas a las zonas de alta montaña mediterránea. La protección de estos hábitats específicos y la consideración del impacto del cambio climático son esenciales para la conservación de la especie. Estos resultados son la base para futuras investigaciones como la verificación en campo del área potencial de distribución modelizada de la planta; requisito indispensable para la planificación adecuada de acciones de conservación.

Palabras clave (portugués y español): matorrales orófilos béticos; indicadores ambientales; GPS-Maxent; seguimiento del cambio global.

REFERENCIAS

CASTROVIEJO, S. (coord.). Flora Iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares, vol. VII-I *Leguminosae (partim)*, Madrid, Real Jardín Botánico, CSIC, 1999.



III Congresso Iberoamericano de Biogeografia - III CIB
I Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - I CBB
XIII Congreso Español de Biogeografía - XIII CEB

FICK, S. E., & HIJMANS, R. J. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315, 2017. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

GOTTFRIED, M., PAULI, H., FUTSCHIK, A., AKHALKATSI, M., BARANČOK, P., ALONSO, J. L. B., & KRAJČI, J. Continent wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*, 2(2), 111-115, 2012. <https://doi.org/10.1038/nclimate1329>

GRABHERR, G.; GOTTFRIED, M. & HARALD, P. Climate effects on mountain plants. *Nature*, 369, 448, 1994. <https://doi.org/10.1038/369448a0>

MARCO MOLINA, J.A.; PADILLA BLANCO, A. & SÁNCHEZ PARDO, A. Cartografía corológica mediante el uso de GPS de especies vegetales endémicas, raras o amenazadas en el sector oriental de Aitana (Alacant). *Serie Geográfica*, 13, 11-24, 2006. https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1186/OK-01_cartografia_corologica_11-24.pdf?sequence=3&isAllowed=y

MARCO MOLINA, J. A., AZORÍN AMORÓS, D., GIMÉNEZ FONT, P., MIRÓ PÉREZ, J. J., PADILLA BLANCO, A., & SÁNCHEZ PARDO, A. Comparación de los censos de *Genista longipes* Pau (2004-2014) en la Serra d'Aitana, Alacant, en el contexto del calentamiento global. In Gómez, J. et al. *Avances en biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. Granada: Universidad de Granada, 231-239, 2016.

MARCO MOLINA, J. A.; GIMÉNEZ FONT, P.; AZORÍN AMORÓS, D.; PADILLA BLANCO, A. & SÁNCHEZ PARDO, A. Cartografía corológica de detalle y calentamiento global: *Genista longipes* Pau en la Serra d'Aitana (Alicante, España). *Cuadernos Geográficos*, 59(2), 287-307, 2020. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.10107>

PÉREZ-LUQUE, A.J., SÁNCHEZ-ROJAS, C.P., ZAMORA, R., PÉREZ-PÉREZ, R., BONET, F.J. Dataset of Phenology of Mediterranean high-mountain meadows flora (Sierra Nevada, Spain). *PhytoKeys*, 46, 89-107, 2015. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.46.9116>

PHILLIPS, S. J., ANDERSON, R. P., & SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

VALLADARES, F., BASTIAS, C. C., GODOY, O., GRANDA, E., & ESCUDERO, A. Species coexistence in a changing world. *Frontiers in plant science*, 6, 2015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00866>

AGRADECIMENTOS/NOTA FINAL

Esta investigación se ha realizado en el marco del apoyo institucional y financiero del proyecto de investigación PALEOPINSAPO II (PID2022-141592NB-100) financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por "FEDER/UE".