

Uso de los sistemas de información geográfica y modelos como elementos de control integrado de las plagas y enfermedades forestales en las Comarcas del Noroeste, Mula y Espuña (murcia).

DIEGO GALLEGO* , ANA ATIENZA**, JUAN DE DIOS CABEZAS** y JOSÉ GALIÁN*

*Departamento de Zoología y Antropología Física, 30100 Universidad de Murcia., dgallego@um.es

**Dirección General de Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Resumen

Los bosques de Murcia, situados en el límite de la distribución del bosque constituyen una anomalía en el contexto global de la península Ibérica. Su gestión es un reto para el que se deben aportar soluciones nuevas y de las que se carece de patrón claro. Uno de los aspectos que necesitan ese nuevo enfoque es el de la sanidad forestal. En el presente trabajo se expone el desarrollo y la puesta a punto de los elementos propuestos para el control de las principales plagas y enfermedades que afectan a los bosques murcianos, para formar parte de un futuro plan de control integrado. Se exponen los resultados de un inventario piloto realizado durante el año 2004 sobre la afección de procesionaria del pino y una fisiopatía similar al sofiamado del pino carrasco sobre los pinares de las comarcas forestales del Noroeste, Mula y Espuña. Este inventario cuenta con elementos de detección del daño, evaluación del grado de afección, cartografía digital ligada a base de datos georeferenciada, asistencia en la toma de decisiones y modelización para obtener mapas de riesgo. Procesionaria afectó a unas 500 ha repartidas en 67 rodales. La mayor parte de los rodales eran tamaño inferior a las 10 ha y con grado de afección bajo. De esa superficie tan solo el 10 % supera el grado de afección 3. El sofiamado afectó tan solo a 70 ha en todo el área de estudio, en rodales generalmente de no más de 2 ha. Los modelos obtenidos, utilizando tan solo variables de tipo morfotopográficas indican que, por un lado procesionaria atacó preferentemente a pinares de carrasco por debajo de 400 m y al los pinares de laricio y negral situados por encima de 1200 m, ambos en solana. El sofiamado afectó a los pinares de carrasco situados próximos al límite inferior de su distribución potencial, pero con orientación umbría. Esta metodología permitiría tomar la decisión de aplicar una cantidad de fitosanitarios al medio ambiente 10 veces menor y sobre la décima parte de territorio, con lo que se manifiesta como una herramienta fundamental para un futuro sistema de control integrado de plagas y enfermedades forestales en Murcia.

Palabras clave

Control Integrado, GIS, modelos, mapas de riesgo, procesionaria, sofiamado

Introducción

En el extremo sureste de la península Ibérica, cubriendo parte de las provincias de Almería , Murcia y Alicante, existe un área donde el clima mediterráneo se vuelve extremadamente seco, los inviernos son suaves, los veranos extremadamente calurosos y las principales precipitaciones caen en primavera y otoño, frecuentemente de forma torrencial (FONT-TULLOT, 1983). Es el dominio del clima semiárido, donde se localiza el límite inferior del bosque, un ecotono climático a partir del cual domina la vegetación de matorral y la formaciones boscosas solo pueden encontrarse en ubicaciones donde la compensación hídrica permite su existencia, (umbrías, fondos de barrancos, cauces, etc) (CHAPARRO, 1996).

Estos bosques de Murcia, situados cerca del ecotono forestal constituyen una anomalía en el contexto de los bosques de península Ibérica. La composición de las especies que las componen, su dinámica y su funcionalidad están fuertemente moduladas por la proximidad del clima semiárido. Se trata de bosques cuya principal función es la de monte protector, con importantísimo papel en la conservación de suelo y mantenimiento de la biodiversidad. El alto déficit hídrico de esta zona produce un crecimiento excesivamente de las especies arbóreas lo que hace que estos montes queden excluidos de los flujos económicos al poseer una muy baja o nula producción de bienes tangibles. Su gestión es, por tanto, un reto para el que se deben aportar soluciones nuevas y de las que se carece de patrón entre los diferentes tipos de gestión forestal aplicada por el resto de Comunidades Autónomas.

Uno de los aspectos que necesitan ese nuevo enfoque es el de la sanidad forestal. Al carecer de producción económica sobre la que basar los niveles de referencia, se hace muy difícil establecer niveles umbrales de tolerancia para aplicar criterios de control integrado de plagas y enfermedades forestales. Esta falta de criterios ocasiona situaciones en las que los montes públicos se encuentran sobretratados y los privados infratratados. De este modo, y de forma general, se han realizado tratamientos aéreos masivos contra procesionaria para cualquier grado de afección, año tras año, en los montes públicos, mientras que en los privados casi nunca se trata.

En el presente trabajo se expone el desarrollo y la puesta a punto de los elementos propuestos para el control de las principales plagas y enfermedades que afectan a las áreas forestales murcianas, procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) y una fisiopatía con síntomas similares a la del sofiamado del pino carrasco. Estos elementos formarán parte de un futuro plan de control integrado de plagas y enfermedades. Estos elementos se basan en el uso de los sistemas de información geográfica (GIS) unido a procedimientos de modelización, basados en variables ambientales, para obtener mapas de probabilidad de presencia o incidencia de daños, o mapas de riesgo (GUISAN & ZINMERMANN, 2000; RUZ, 2003).

Metodología

Se eligió un área de estudio en la Región de Murcia, que comprende todos los montes públicos con masas forestales de las comarcas del Noroeste, Mula y el Parque Regional de Sierra Espuña. Esta zona incluye prácticamente toda la variabilidad ambiental de Murcia, desde los pinares de carrasco situados en el límite de su distribución potencial, hasta los pinares de *P. nigra* por encima de 1800 m (CHAPARRO, 1996)

Se elaboraron hojas informativas sobre los daños relativos a procesionaria del pino y a la fisiopatía similar al soflamado del pino carrasco (en adelante soflamado), lo mas claras posible, con un estadillo normalizado para una primera evaluación. Estas hojas se distribuyeron por las jefaturas de comarca forestal, informado de las fechas aproximadas para su cumplimentación. Los agentes forestales realizaron la detección y evaluación en campo del tipo y grado de daño, cumplimentando los estadillos y levantando un croquis de la zona sobre cartografía 1:25000. Tras recoger todos los estadillos y validación al azar el 20 %, se procedió a la elaboración de cartografía digital de la información geográfica aportada, utilizando como base la cartografía digital 1:25000 y el SIG oleícola. Posteriormente se construyó un sistema de información geográfica (GIS) con capas de información relativas a diversos parámetros ambientales.

A partir del GIS se elaboraron modelos de distribución potencial de la afección del ataque de procesionaria y de la afección del soflamado, utilizando tres variables ambientales, altitud, orientación y pendiente. Para ello se utilizaron técnicas derivadas de los *General Additive Models* (GAM), muy apropiados para obtener cartografías predictivas o mapas de riesgo (GALLEGO ET AL., 2004).

Resultados y discusión

Procesionaria

Se detectaron 448,1 ha afectadas repartidas en 67 rodales con diferente grado afección. Las comarcas con mayor superficie afectada resultaron ser Moratalla y Cehegín con mas de 120 ha afectadas, Calasparra registró una afección de unas 50 ha, mientras que en Caravaca y Espuña la afección fue menor de 20 ha. La comarca menos afectada fue Mula, con algo mas de 1 ha afectada (Figura 1). La superficie de los rodales afectados varió entre 0,08 y 46 ha. La mayoría pueden considerarse pequeñas superficies ya que el 30% tenían menos de 1 ha, mientras que la mitad tenía menos de 2 ha. Solamente un 10 % tenían superficies mayores de 12 ha, como puede observarse en la figura 2.

En cuanto al grado de afección, el 80% de rodales fueron afectados en grado inferior o igual a 2, del 20 % restante, tan solo un 7 % resultó afectado en grado 5. Estos resultados se ilustran en la figura 3.

La mayor incidencia se localiza en Calasparra (Figura 4), donde se registró el mayor número de rodales con grados de afección altos. Esto también se observa en Mula, donde ha de tenerse en cuenta que se trata de un único rodal, eso sí con grado máximo de afección. El resto de comarcas la mayor parte del los rodales afectados se encontraban en grado de afección bajo. En la distribución espacial de los rodales, (Figura 5) puede observarse que los rodales afectados aparecen con cierta tendencia al agrupamiento espacial, es decir, suelen mostrarse en grupos dispersos de forma no uniforme por todo el área de estudio.

La altitud es sin duda el modulador del clima mas importante en la Región de Murcia. En los mapas 8 a 13 se ilustra la distribución de los rodales afectados por grado de afección sobre el mapa de altitudes. Los rodales afectados en grado 0 se distribuyen de forma muy parecida a la normal, presentando su máxima frecuencia entre los 500 y 1000 m de altitud. Estos rodales son los mas abundantes y presentan una distribución muy parecida a la distribución general de altitudes de la zona de estudio. Los rodales en grado 1 y 2 presentan una distribución mucho mas irregular, siendo especialmente abundantes en altitudes en torno a 500 m y en menor medida por encima de 1000 m. Los rodales en grado 3 aparecen por encima de 1000 m, mientras que los de 4 y 5 son especialmente abundantes por debajo de 500 m.

Pendiente y orientación son importantes moduladores locales del microclima y otros factores ambientales como la disponibilidad hídrica y la profundidad del suelo. De este modo, orientaciones entre 135 y 315 °, en exposición solana, pueden aumentar mucho al evapotranspiración y reducir notablemente la disponibilidad hídrica por parte de la vegetación. Si esta orientación se combina con fuertes pendientes, esta disponibilidad hídrica se reduce aún mas, no solo por el aumento de la irradiancia, sino también por la menor capacidad de retención de suelo y agua de escorrentía.

Una vez procesados los GAM, incluyendo las tres variables antes indicadas, altitud, orientación y pendiente, se consiguió explicar en torno al 25 % de la variabilidad de la variable dependiente. Es decir, la distribución geográfica del grado de afección por procesionaria en los montes públicos del noroeste, Mula y Espuña se explica en una cuarta parte con variables de tipo morfotopográfico. Esto indica que existe una cierta predisposición por parte de los pinares a padecer el ataque de este insecto, relacionada con su ubicación.

En la figura 6 se ilustra la relación del grado de afección por procesionaria con estas tres variables. La altitud, la variable mas explicativa (explica un 20 %) muestra una forma según la cual entre los 300 y 500 m existe una alta susceptibilidad al ataque, que va decreciendo hacia los 1000 m, volviendo a aumentar hasta tender a estabilizarse a partir de los 1800 m. La orientación es la segunda variable en cuanto a grado de explicación (un 4 %), mostrando una clara tendencia a maximizarse en orientaciones sur y sudoeste, es decir, en solana. La pendiente tan solo explica un 1 %, manteniéndose prácticamente constante hasta que alcanza el 30%, valor a partir del cual tiende a decaer. En la expresión espacial del modelo (Figura 7)

destaca la bajas susceptibilidad de los pinares del área de estudio, ya que la mayor parte se encuentran en grado 0. Esto indica que los parámetros ambientales utilizados no son las variables mas relevantes en la distribución de la intensidad de ataque de procesionaria, y que habrá que incorporar nuevas variables, de tipo climático, edafológico, de estado de desarrollo de la masa forestal o incluso la distribución de los tratamientos realizados en años anteriores.

Soflamado del pino carrasco

Se detectaron en la zona de estudio 34 rodales, con una superficie total de 71,067 ha, repartidos entre las diferentes comarcas. La comarca mas afectada resultó ser Calasparra (Figura 8), con unas 50 ha afectadas repartidas en 12 rodales. El número de hectáreas afectadas en las demás comarcas no superan las 12, existiendo por tanto una gran diferencia con Calasparra. Espuña resultó afectada en casi 12 ha repartidas en 10 rodales. En la Figura 9 se ilustra la distribución de los rodales en el área estudiada. Queda claro que los rodales afectados por soflamado suelen ser de pequeño tamaño, a excepción de Calasparra, donde los tamaños son mucho mas grandes.

Los rodales afectados suelen ser de pequeño tamaño (Figura 10), mas o menos entre 0,5 y 1,5 ha, a excepción de Calasparra, donde se detectó un rodal de mas de 20 ha mientras la mayor parte se situaban en torno a las 4 ha.

El modelo GAM generado explica el 27,4 % de la variabilidad encontrada e incorpora 2 variables altitud y orientación (Figura 11). De ellas, la altitud explica por si sola el 26,2 %, correspondiendo porcentaje restante a la orientación. En la figura 9 se ilustra la relación entre la probabilidad de presencia de soflamado y cada una de las variables por separado. Se observa claramente que aparece entre los 300 y 1000 m, un máximo en torno a los 400 m y otro menor en torno a los 700, decayendo rápidamente hasta desaparecer a partir de 1000 m. En cuanto orientaciones, aparece preferentemente con orientaciones de relativa umbría.

La expresión espacial de este modelo se ilustra en la Figura 12. En ella puede verse que existe una alta potencialidad para esta fisiopatía, muy por encima de la afección real detectada. Esto también puede deberse a la relativamente baja calidad de los modelos obtenidos tan solo con 3 variables. Por ello, al igual que en el caso de procesionaria se deberán incorporar mayor número de variables y de naturaleza distinta.

Conclusiones

Procesionaria del pino afectó en 2004 a unas 500 ha de pinares en el área estudiada. Esta afección fue generalmente de baja intensidad, habiéndose tan solo registrado unas 50 ha en grado de afección superior o igual al 3. Con grado de afección inferior al 3 no se recomienda realizar tratamientos de tipo químico ya que la población de insectos es demasiado baja y difusa y puede considerarse un nivel poblacional endémico. A esos niveles los mecanismos de regulación de las poblaciones están muy bien ajustados con la acción de depredadores y parasitoides. No obstante debe realizarse un seguimiento de esas areas durante los siguientes años para a fin de detectar incrementos de población de procesionaria. Las areas afectadas en grado mayor de 3 deberían tratarse con los tratamientos químicos convencionales, aproximadamente en el mes de noviembre.

Los modelos del ataque de procesionaria generados indican que prefiere los pinares situados en altitudes inferiores a 600 m y en mayor medida, los situados en altitudes comprendas entre 1500 y 2000, con orientación solana. Esto corresponde a dos situaciones totalmente distintas. En primer lugar, los pinares situados por debajo de 600 m en solana se corresponden con pinares de *P. halepensis* muy próximos a su límite inferior de distribución, situado en torno a los 300 m de altitud. Estos pinares provienen de repoblaciones relativamente modernas y han demostrado ser los pinares mas sensibles a las plagas forestales, como es el caso de la plaga de *Tomicus destruens* que devastó los pinares de Sierra Espuña entre los años 1994 y 96. Esta plaga atacó preferentemente pinares situados por debajo de los 800 m con alta densidad de árboles. En el caso de la procesionaria, aún a falta de estudios mas precisos, parece preferir también esos pinares de carrasco. Es conocido que procesionaria prefiere alimentarse de otras especies de pinos antes que de *P. halepensis*, pero en ausencia de estas otras especies, parece elegir los pinares mas debilitados. Es fácil suponer que esto debe deberse a que estos árboles tienen menos capacidad de respuesta mediante de la síntesis de compuestos tóxicos de tipo fenólico o terpenico y que por tanto son fácilmente ramoneados por los insectos.

El otro máximo de ataque, el situado entre 1500 y 2000 m en solana se corresponde con los pinares de *P. nigra* y *P. pinaster* situados en esa altitud. Estas especies poseen acículas mucho mas grandes y carnosas que *P. halepensis* y por tanto mucho mas nutritivas. Estos insectos atacan preferentemente estas especies, de distribución restringida en la Comunidad de Murcia, pero mucho mas extendidos en otras comunidades autónomas donde la procesionaria es un problema mas importante que en Murcia.

En relación con el soflamado del pino carrasco, pese a la gran alarma que desató la detección de su presencia en el noroeste murciano, tan solo ha afectado a unas 70 ha localizadas en su mayoría en la comarca de Calasparra. Los rodales afectados fueron generalmente de pequeño tamaño, salvo en Calasparra, donde un rodal alcanzó las 20 ha. Esta anomalía sugiere que en realidad debió tratarse de varios pequeños rodales muy próximos que se tomaron como uno solo.

Este fenómeno que podría ser considerado un síndrome, ya que es un conjunto de síntomas de etiología desconocida, prefiere pinares entre 300 y 1000 m, con dos máximos, uno en 400 m y otro de menor entidad en torno a 700, y con una

orientación que no se corresponde con la solana mas extrema, sino mas bien con cierta umbría. Esto se corresponde con pinares de carrasco en todo su rango de distribución, pero con preferencia a los pinares situados en el límite inferior, aunque no extremos. Al parecer esta situación definiría a pinares en buen estado potencial, no pudiendo asociarse este síndrome a procesos de debilidad. En principio deberían testarse otras hipótesis, como la variabilidad climática temporal, y buscar anomalías térmicas o hídricas en los durante los años de afección del síndrome.

Los pinares afectados por soflamado están experimentando una sensible mejoría desde la primavera de 2004. Los árboles están generando nuevas acículas aparentemente sanas en la mayoría del ramaje, que junto a la pérdida de la acícula muerta, produce una recuperación de la coloración del pinar en su conjunto.

Las perspectivas de futuro de los pinares afectados parecen por tanto halagüeñas, esperándose una recuperación total. Este fenómeno del soflamado, con el que no se ha podido asociar ningún agente etiológico, y que ha sido aparentemente nuevo en nuestra región, se detecta con cierta frecuencia en las provincias limítrofes de las comunidades autónomas valenciana y andaluza. En Murcia no se ha registrado ningún caso de mortandad de árboles afectados por soflamado, coincidiendo con lo ocurrido en Almería y Alicante.

Bibliografía

CHAPARRO, J.; 1996 *Distribución Potencial del Bosque y de sus Especies Arbóreas en las Zonas Mediterráneas Semiáridas: Modelos y Aplicaciones*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia.

FONT-TULLOT, I.; 1983. *Climatología de España y Portugal*. Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.

GALLEGO, D.; CÁNOVAS, F.; ESTEVE, M.A.; & GALIÁN, J.; 2004. Descriptive biogeography of *Tomicus* (Coleoptera: Scolytidae) species in Spain. *J. Biogeog.* 31: 2011-2024.

GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N.E.; 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling.* 135: 147–186.

RUZ, L.; 2003. *Improvement of strategies for the management of the fire blight (Erwinia amilovora). Evaluation and optimization of physical and chemical control methods, and use of a decision support systems*. Tesis doctoral, Universidad de Girona.

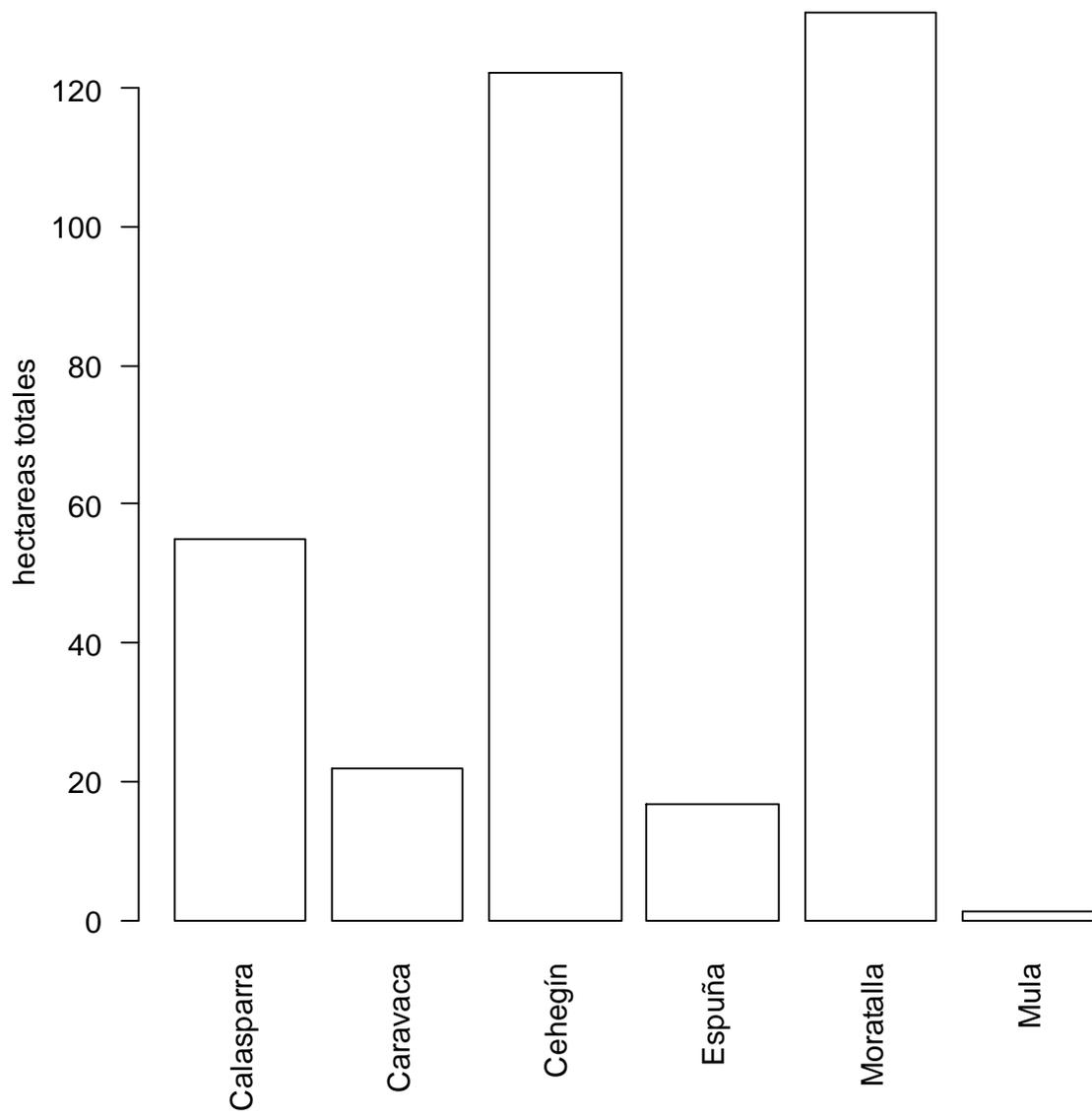


Figura 1: Superficie total afectada por procesionaria por comarca forestal.

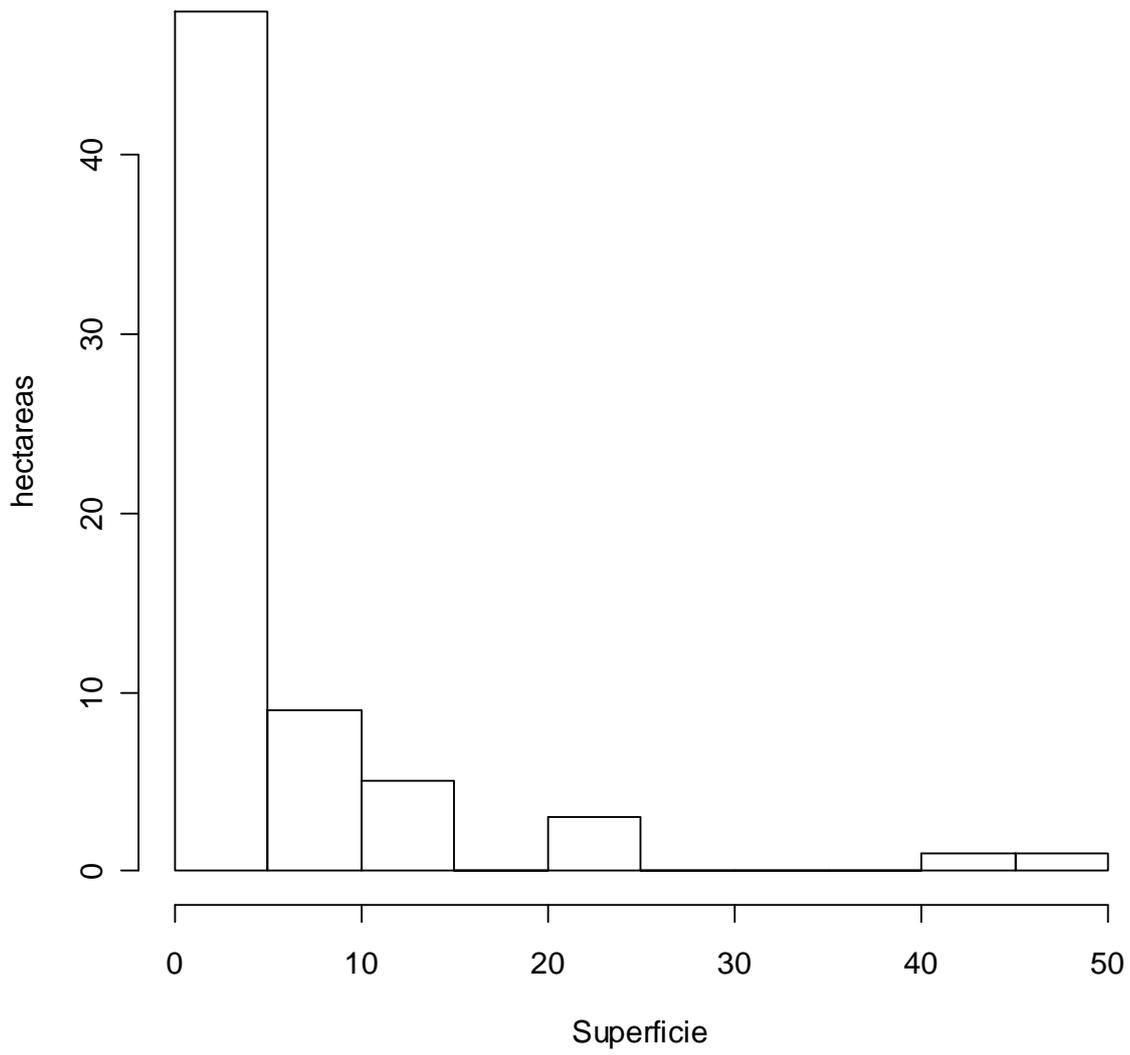


Figura 2: Histograma de superficies (ha) de rodales afectados por procesionaria.

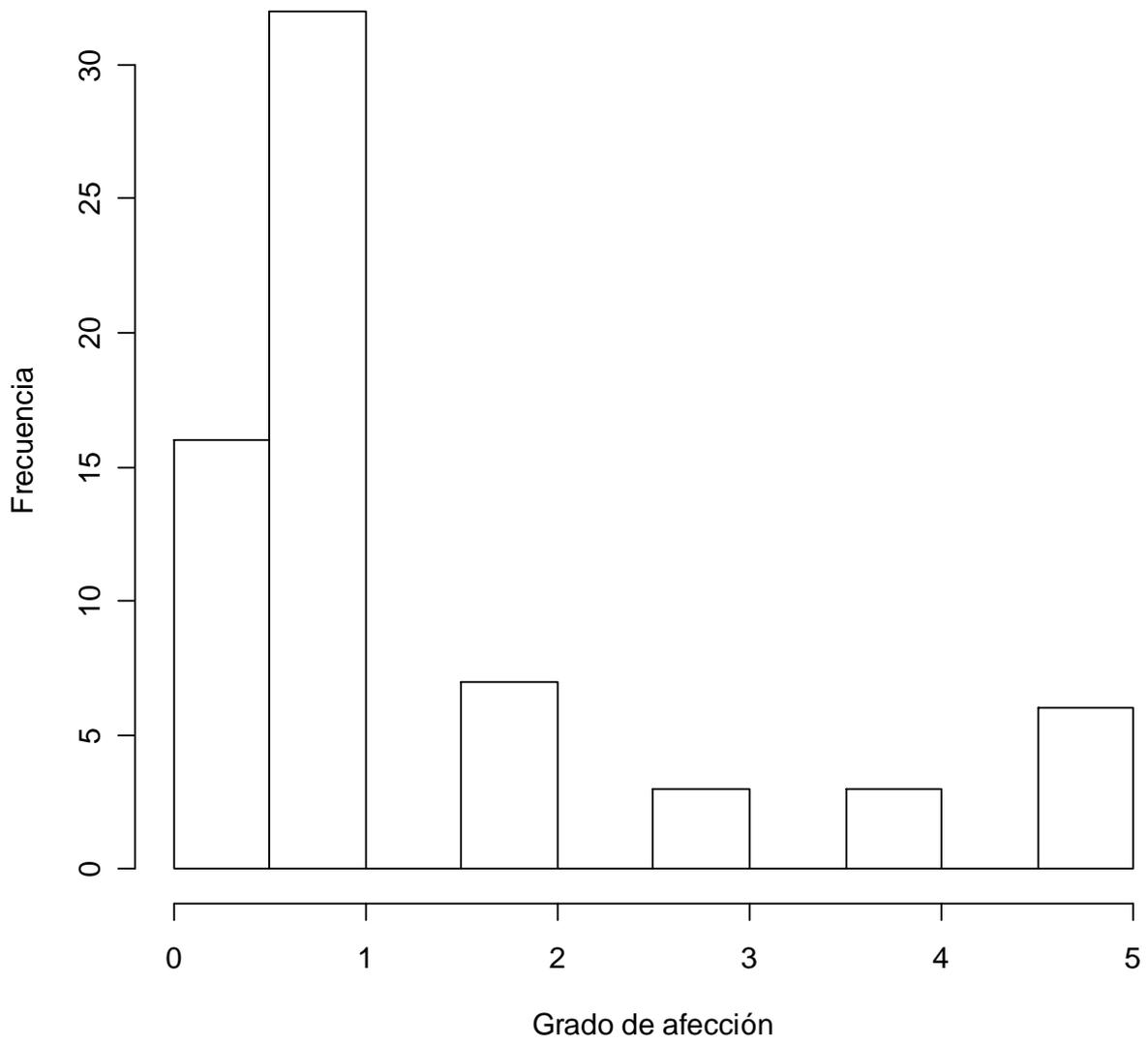


Figura 3: Histograma de grados de afección por procesionaria del pino para todos los rodales.

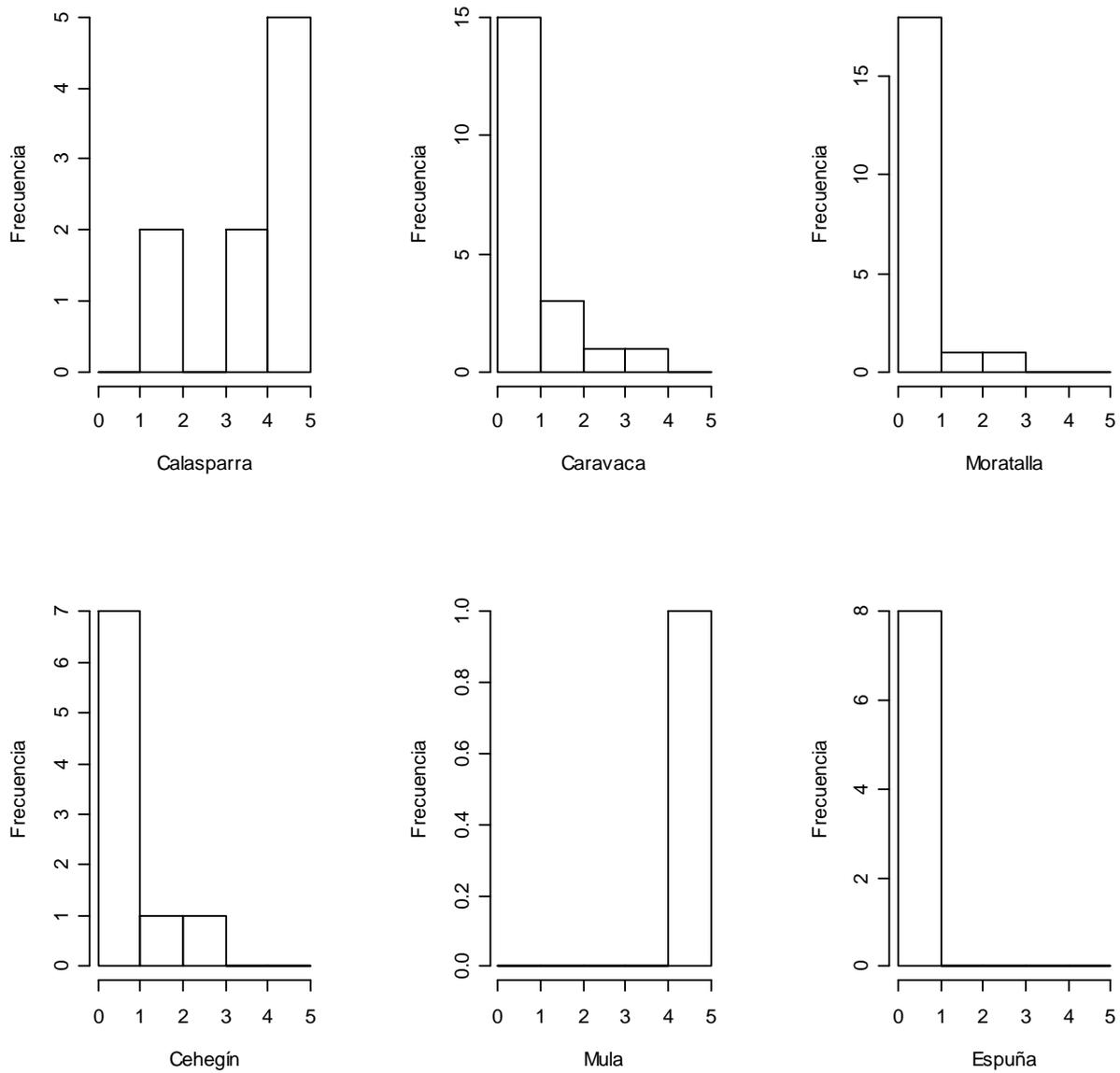


Figura 4: Frecuencias de rodales afectados por procesionaria según su grado de afección por comarcas.

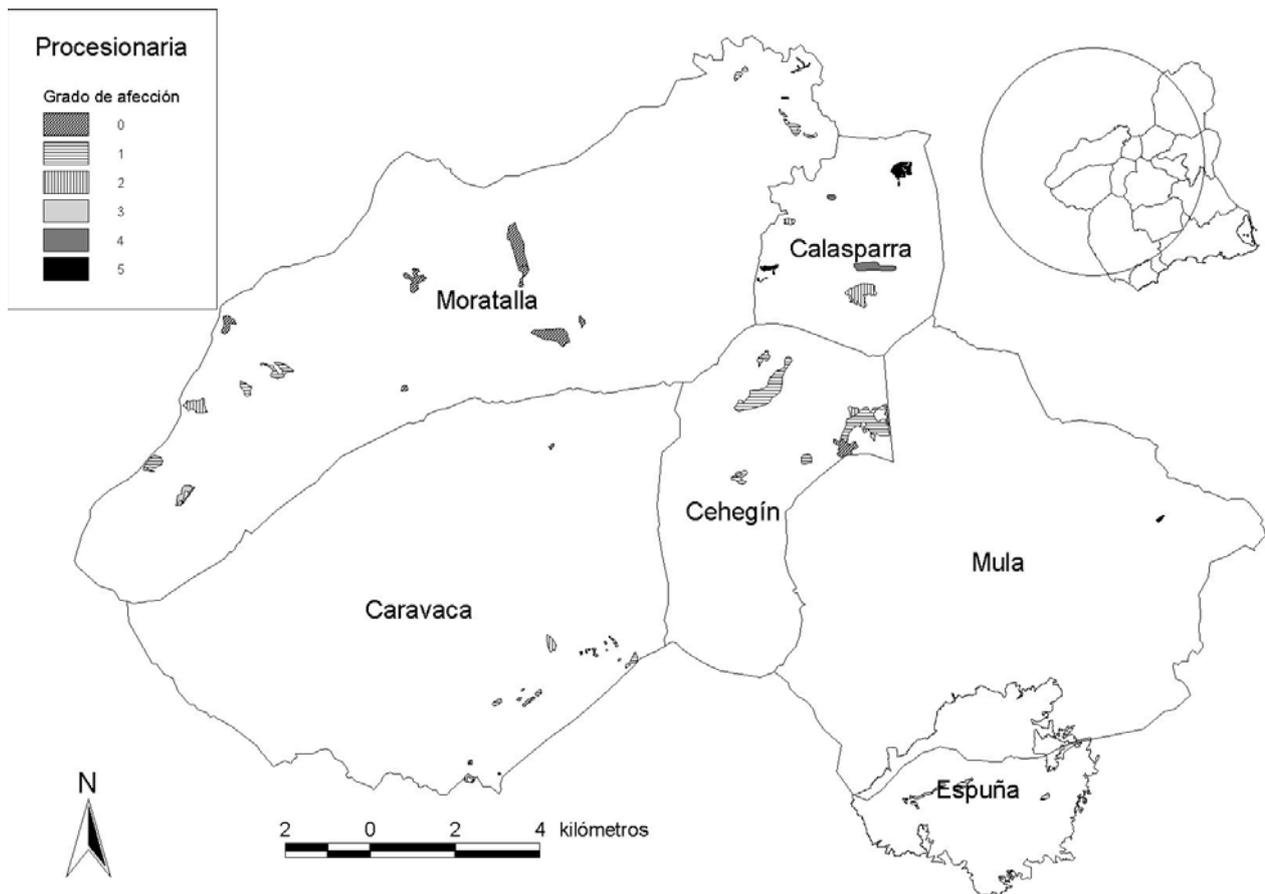


Figura 5: Distribución espacial de los rodales afectados por procesionaria, y su grado de afección.

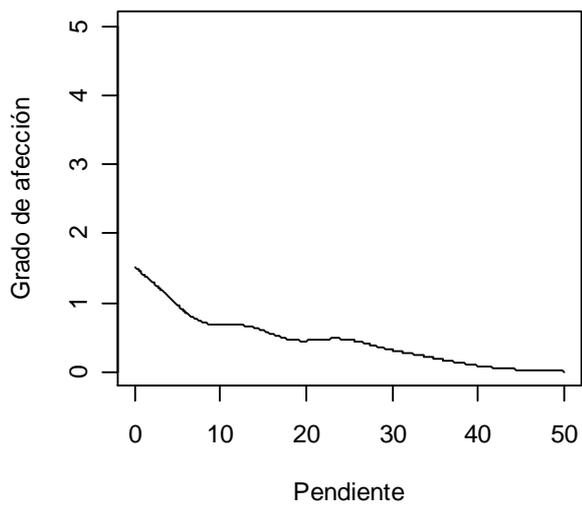
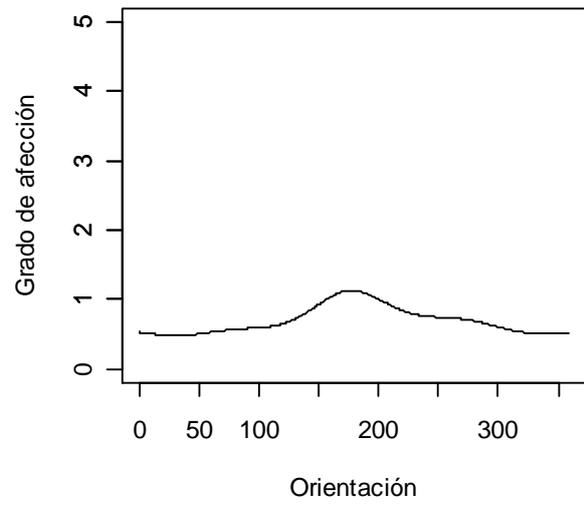
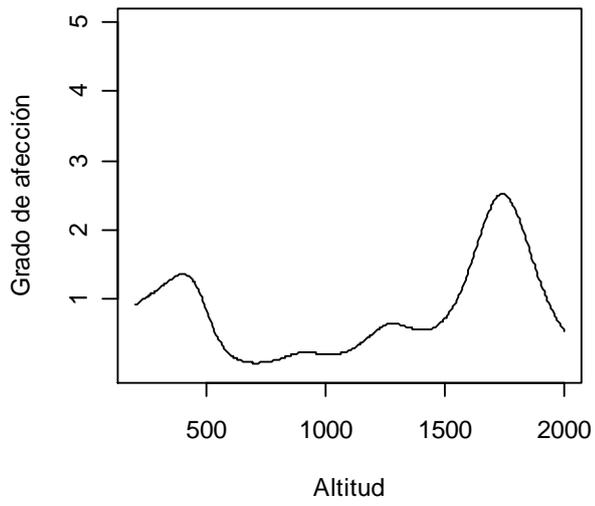


Figura 6: Modelos univariantes GAM, mostrando las relaciones entre las variables altitud, pendiente y orientación con el grado de afección por procesionaria.

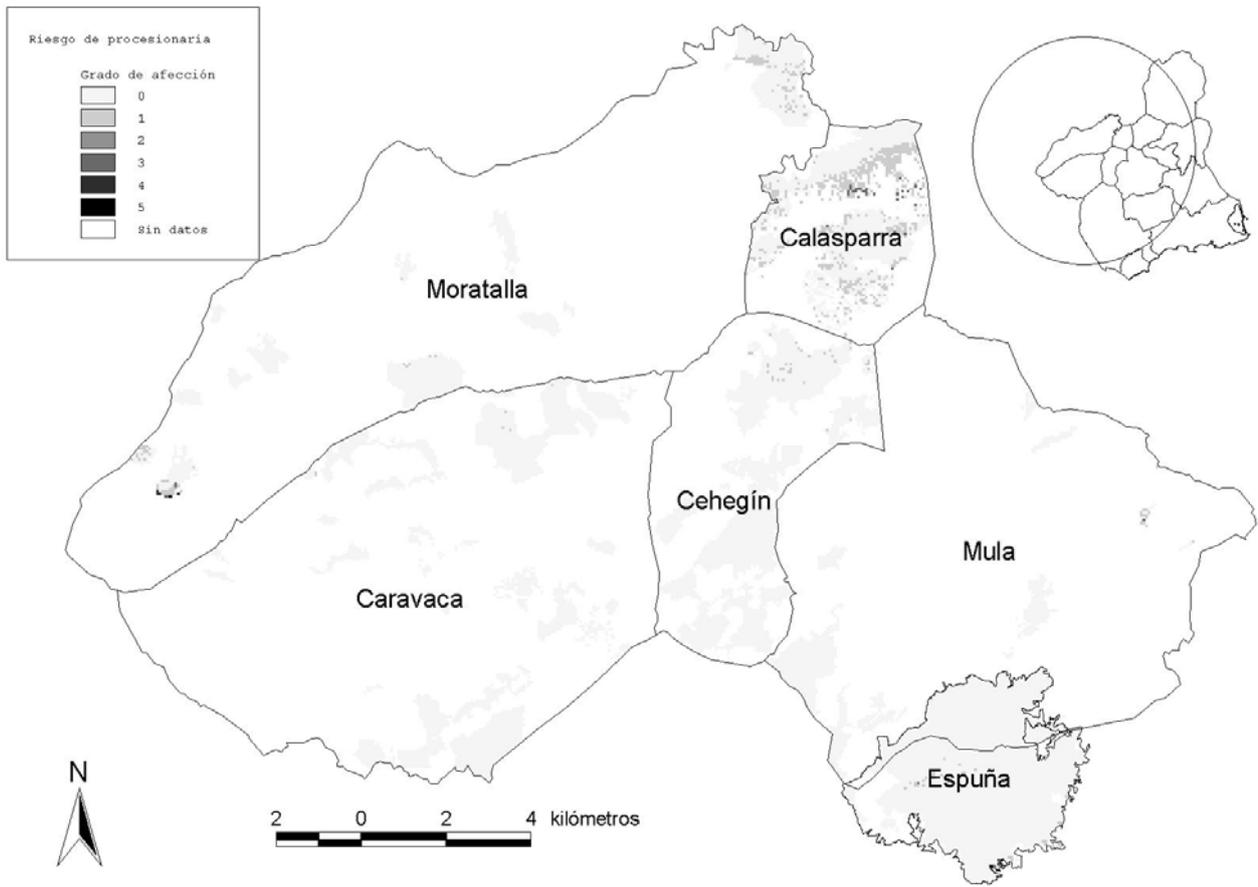


Figura 7: Mapa de riesgo de ataque de procesionaria.

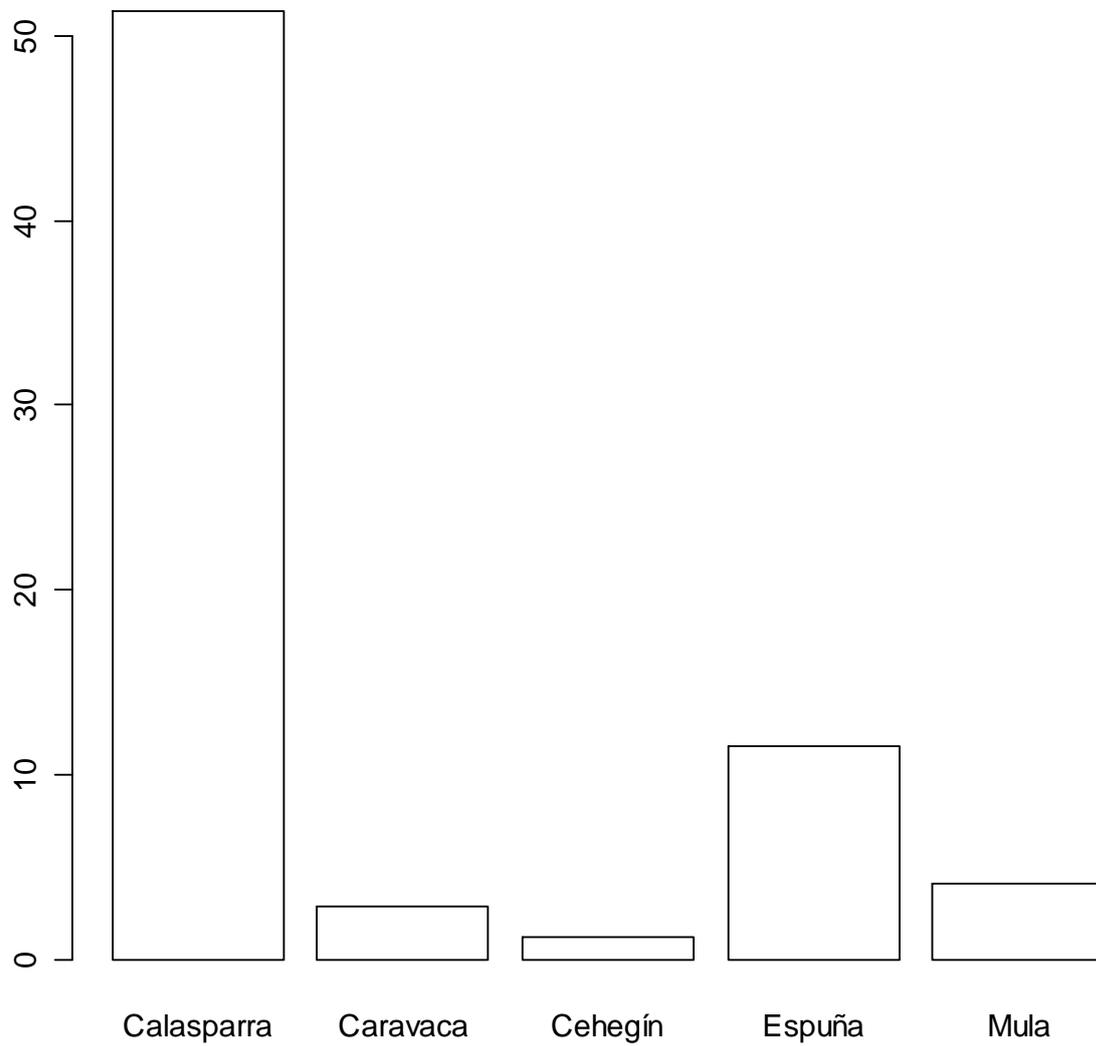


Figura 8: Superficie total afectada por soflamado del pino carrasco por comarca forestal.

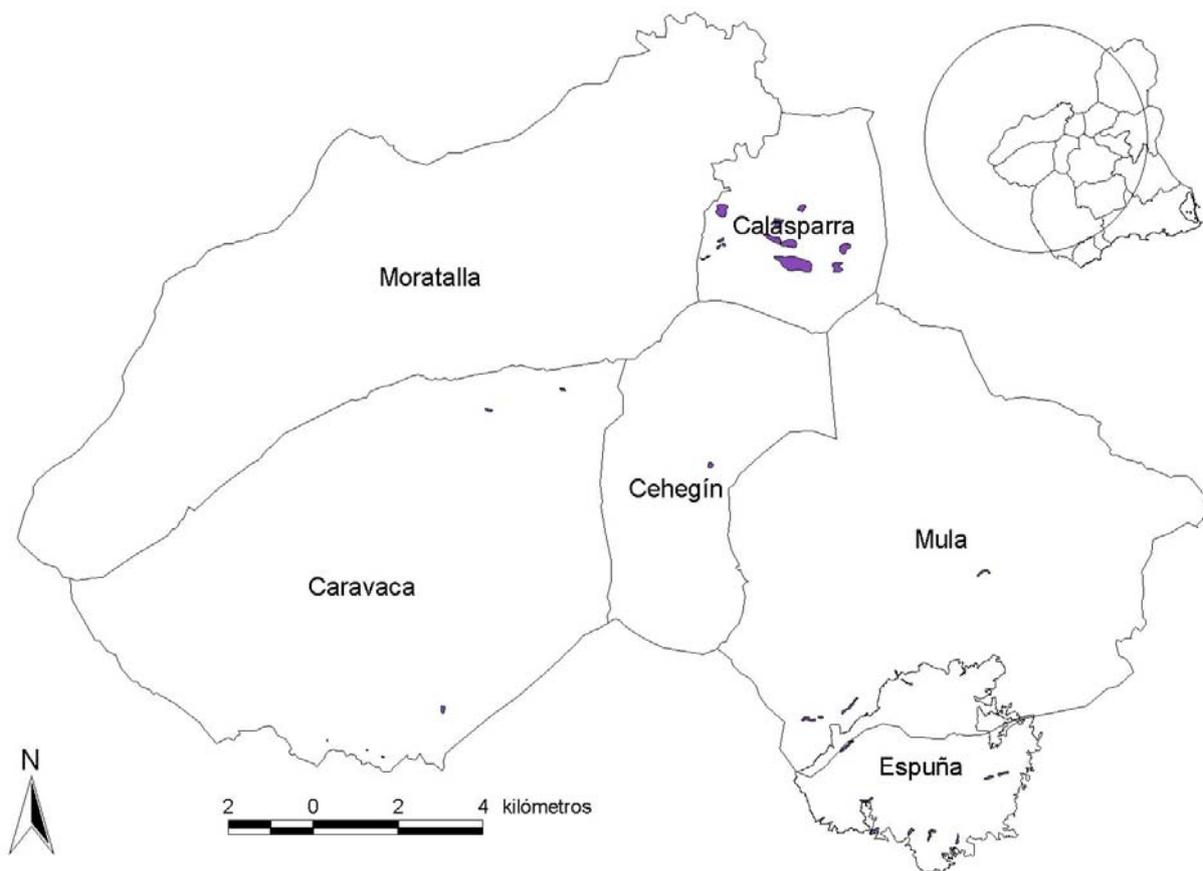


Figura 9: Distribución espacial de los rodales afectados por sofamado del pino carrasco.

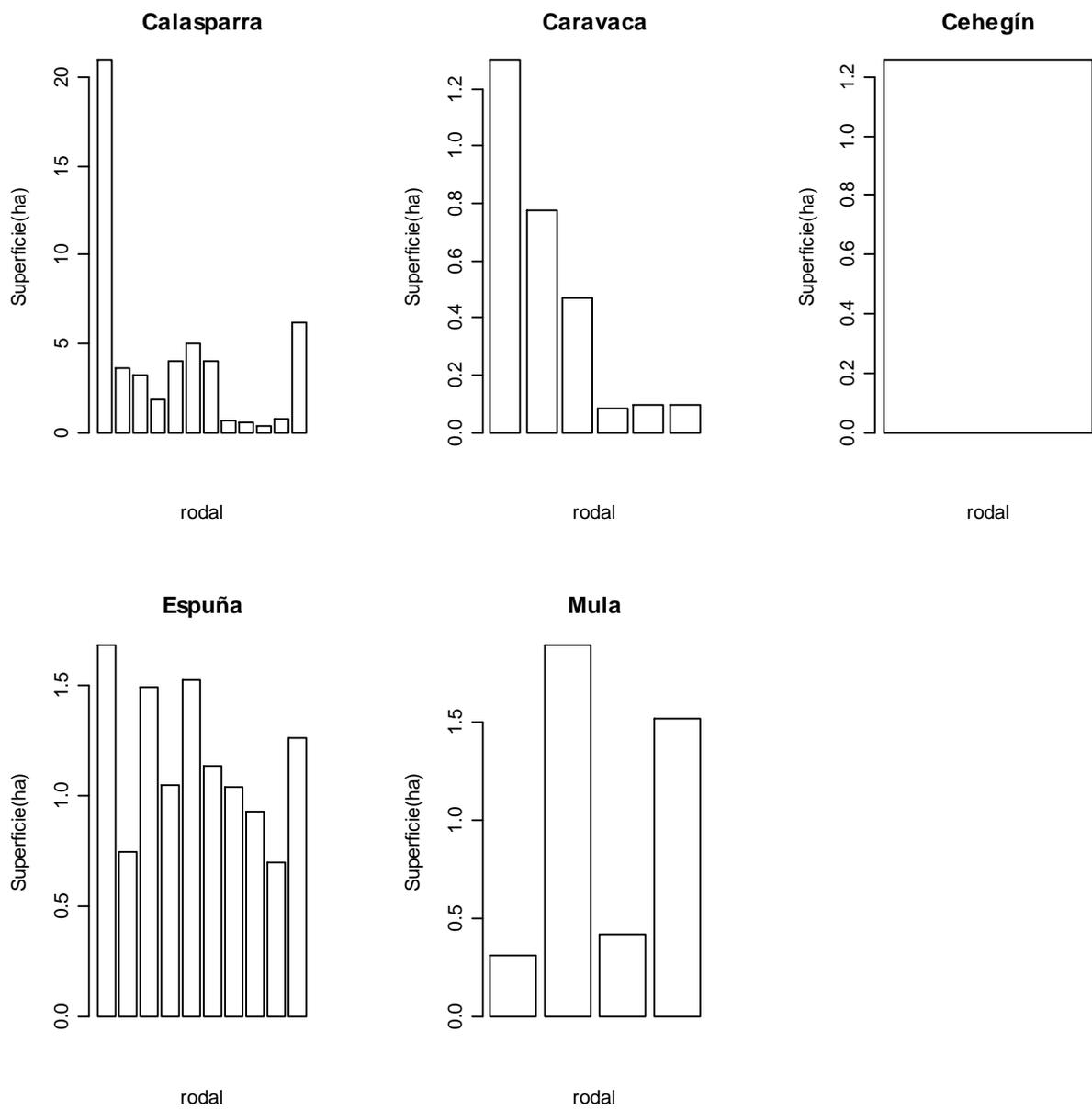


Figura 10: Superficie de cada rodal afectado por soflamado del pino carrasco en cada comarca forestal. En Cehegín solo se detectó un rodal, por lo que aparece una sola barra.

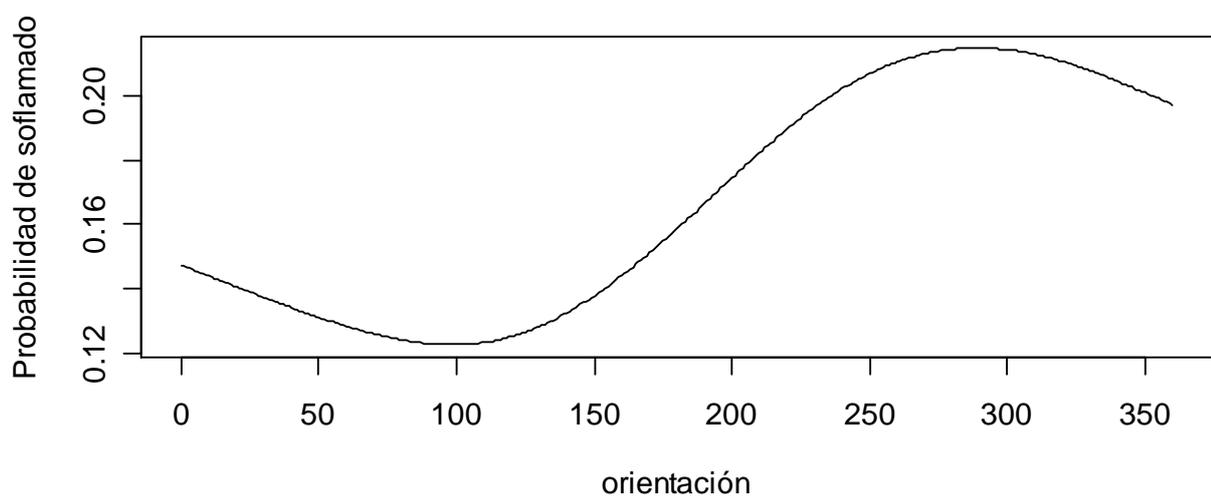
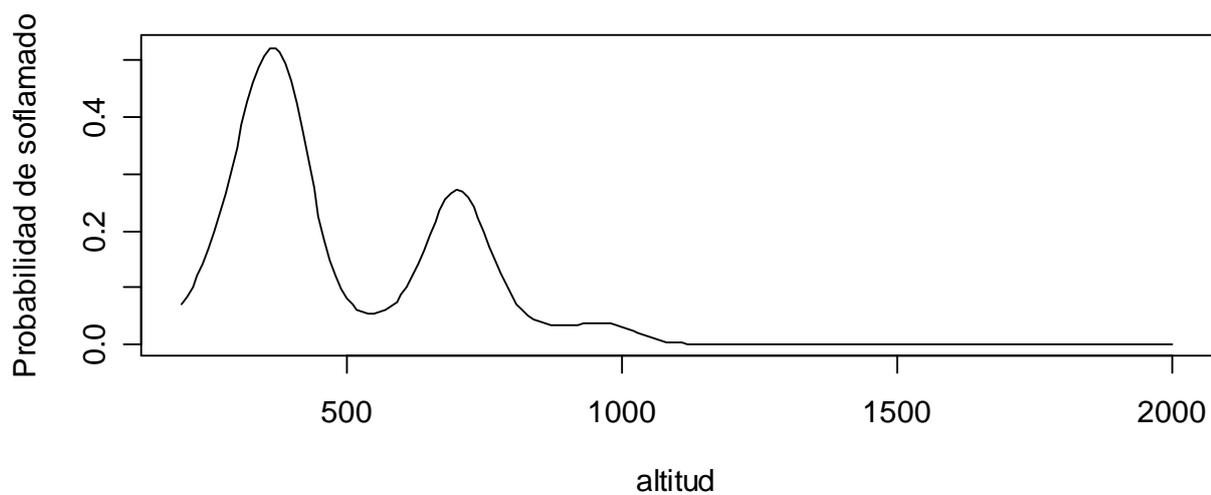


Figura 11: Probabilidad de presencia de soflamado del pino carrasco en función de las variables altitud y orientación.

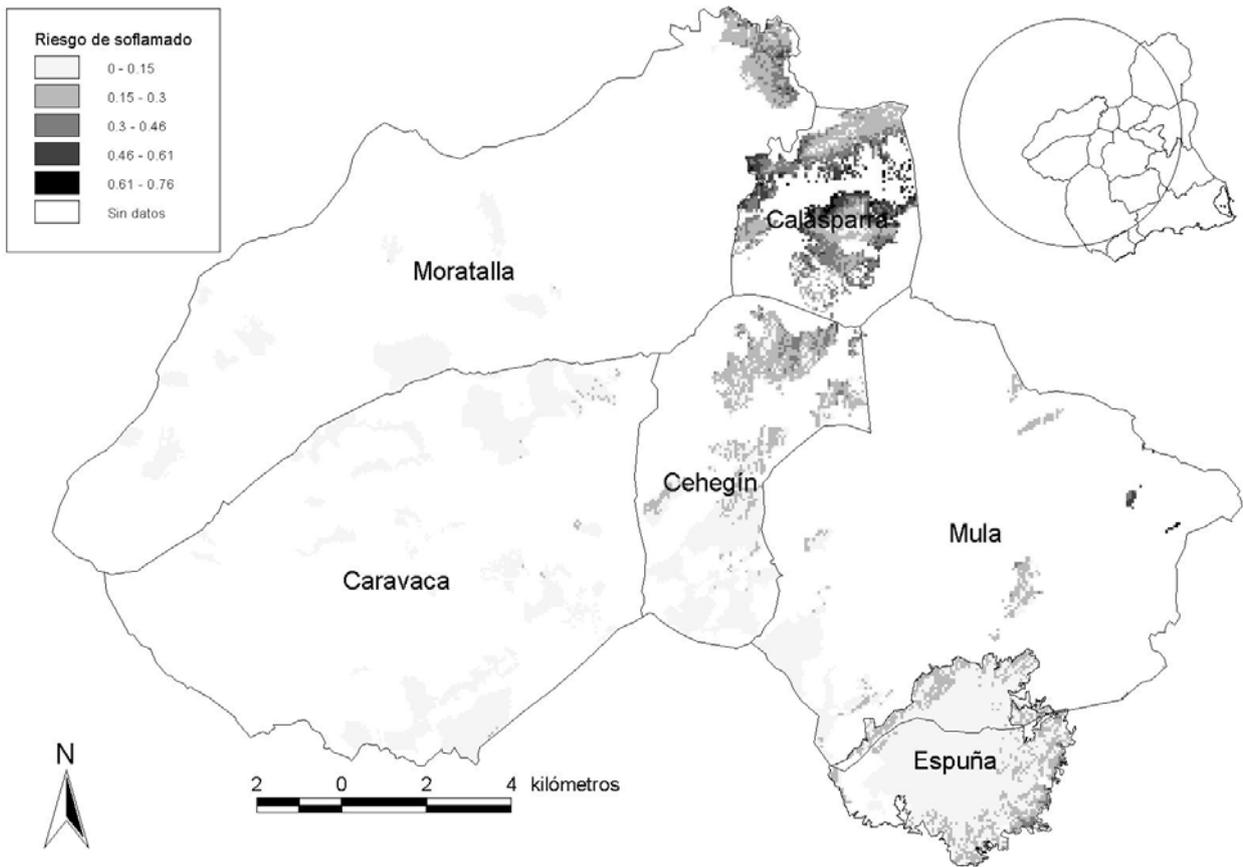


Figura 12: Mapa de riesgo de afección por sofamado del pino carrasco.