



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1742

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Evaluación de la eficacia de distintos biorrepelentes para la prevención de herbivoría en repoblaciones forestales

MARTÍN GÓMEZ, S. (1), FERNÁNDEZ MOYA, J. (2) y MARTÍNEZ SANZ, F. (1)

1. Grupo Sylvestris.
2. Universidad Politécnica de Madrid. ETS de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural.

Resumen

Una de las mayores limitaciones en el campo de la repoblación forestal es la herbivoría, problema que se suele combatir con la instalación de protecciones físicas, ya sea colectivas o individuales. Sin embargo, esto es una solución que no siempre resulta efectiva y a veces solamente es parcialmente eficaz, por lo que podría ser útil complementar con otros métodos de protección frente a la herbivoría. En este estudio se evalúa la eficacia de distintos biorrepelentes comerciales para reducir la herbivoría de especies forestales autóctonas reforestadas en un monte altamente depredado por cabras y corzos de la provincia de Teruel. El experimento, desarrollado en diez parcelas, comparó cinco tratamientos, uno de control y cuatro biorrepelentes: orina de lobo, anticérvidos, perruna y silicio, aplicados en junio de 2024 y evaluados tras el verano. Los resultados mostraron diferencias significativas en la eficacia de los productos, siendo la orina de lobo y el anticérvidos los más efectivos, mientras que la perruna y el silicio presentaron alta tasa de depredación. Es fundamental seleccionar biorrepelentes en función del comportamiento de los herbívoros locales y asegurar una correcta aplicación de los mismos, combinando diferentes estrategias de protección de las plantas si es necesario, para lograr el correcto desarrollo de las plantas en sus fases iniciales.

Palabras clave

Repelentes biológicos, reforestación, predación, herbivoría.

1. Introducción

La herbivoría, a pesar de los esfuerzos antrópicos por prevenirla, sigue siendo uno de los grandes limitantes en las repoblaciones forestales (CONOVER, 2001). En respuesta a este problema, se han desarrollado diversos métodos de protección, como los descastes, los protectores colectivos (cercados), los protectores individuales (como mallas o tubos), los protectores de semillas (*seed shelters*) y los repelentes (NAVARRO CERRILLO et al., 2021). Sin embargo, dado que la mayoría de las protecciones tienen un efecto temporal, los descastes solo reducen la densidad de herbívoros, los protectores dependen de su integridad física y los repelentes de su duración, la combinación de estas estrategias podría garantizar una protección más eficaz durante las fases iniciales del desarrollo de las plantas.

El área donde se ha realizado el ensayo es una zona donde a la gran mayoría de especies se les ha puesto un protector individual, cuya protección ha sido eficiente hasta que la planta ha comenzado a crecer por encima del tubo protector,



momento en el cual los herbívoros de esta zona, cabra hispánica (*Capra pyrenaica hispánica*) y corzo (*Capreolus capreolus*), las depredan. Se han realizado descastes, pero no han sido suficientes para permitir un desarrollo adecuado de las plantas fuera del protector, por lo que se decidió probar el efecto de los repelentes. Los repelentes tradicionales contenían numerosos compuestos tóxicos (SINGH et al., 2020) que podía generar efectos adversos tanto en los herbívoros como en el medio ambiente. No obstante, en los últimos años se han desarrollado nuevos productos, conocidos como biorrepelentes, cuyos compuestos evitan o mitigan el efecto de los herbívoros pero no provocan efectos negativos significativos ni en ellos ni en el entorno.

Aunque al principio los primeros biorrepelentes tenían una eficacia limitada debido a que su formulación se basaba principalmente en olores desagradables para el ser humano sin considerar los mecanismos fisiológicos y etológicos de los propios herbívoros (SULLIVAN et al., 1985), esto ha ido cambiando. Actualmente, el diseño de los repelentes se fundamenta en una comprensión más profunda del comportamiento animal, lo que ha permitido clasificar estos productos según su forma de actuación descrita (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001), ya que permite describir con mayor precisión el modo de acción de los mismos (MARSH et al., 2010): aquellos que inducen miedo, los que generan rechazo condicionado, los que producen irritación o malestar, los de mal sabor y los que generan una respuesta al tacto. Los primeros suelen contener olores sulfurosos, semejantes a la orina de un predador, generando una respuesta producida por el miedo en los herbívoros que son frecuentemente cazados (PARSONS et al., 2018; NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001). Los biorrepelentes basados en el rechazo condicionado generan molestias o irritaciones después de su ingesta, como vómitos o molestias gastrointestinales. Estos se diferencian de los que producen irritación en que, los compuestos de estos últimos (como la capsaicina o compuestos de amoníaco o isotiocianato de alilo (aceite de mostaza)), estimulan los el nervio trigémino localizado en las mucosas de las membranas de los ojos, boca y nariz e irritando estos órganos sensoriales (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001). Este tipo de biorrepelentes es generalista ya que provoca esta reacción en la mayoría de mamíferos (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; TRENT, 2001). Una de sus principales ventajas es que, siempre que se mantenga una concentración adecuada del mismo, los animales no se acostumbran a él (MARSH et al., 2010). Los que tienen mal sabor, suelen incorporar sustancias (normalmente amargas como el denatonio) que modifican el sabor y/o la palatabilidad de la planta, ya que una disminución en la palatabilidad de las plantas disminuye su predación (PARSONS et al., 2018; REYNOLDS et al., 2009; SINGH et al., 2020). No obstante, otros estudios (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001) defienden que una modificación del sabor no suelen ser muy efectivas porque los herbívoros suelen ser indistintos a este tipo de sabores. Los últimos biorrepelentes, los relacionados con el tacto, son repelentes pegajosos que se utilizan principalmente para disuadir a las aves de posarse en determinados sitios (MARSH et al., 2010).

Otra forma de clasificar los biorrepelentes es en base a su forma de aplicación (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; TRENT, 2001): sistémica, se absorbe por la planta; areal, se aplica en la superficie creando un efecto barrera en todo el territorio; y contacto, que se aplica en la planta. En este ensayo hemos adquirido biorrepelentes comerciales del tipo "areal" y "contacto", cuyas formas de actuación son la inducción de miedo y un mal sabor. La selección de estos biorrepelentes se



fundamenta en su disponibilidad para las especies herbívoras presentes en el área de estudio (corzo y cabra), así como en la existencia de evidencia bibliográfica que respalda su eficacia en contextos similares; además de evaluar su eficacia en condiciones reales de campo.

2. Objetivos

Evaluar el efecto de diferentes biorrepelentes comerciales sobre la prevención de la herbivoría en campo en una región de la provincia de Teruel con diferentes especies forestales y una alta presencia de cabra hispánica (*Capra pyrenaica hispánica*) y corzo (*Capreolus capreolus*).

3. Metodología

Área de estudio

Este estudio se ha realizado en el monte de utilidad pública nº67 La Umbría, en el municipio de Ejulve, provincia de Teruel, en una zona incendiada de más de 7.000 ha en 2009 que se reforestó en la campaña 2020-21 con especies autóctonas. El ensayo se llevó a cabo en diez parcelas de tamaño variable (desde 0,5 hasta 1,2 ha) que están a una altitud de entre 1385 m y 1521 m. Tiene un clima oceánico (CFB) según la clasificación Köppen (IGN, n.d.) con un clima templado con verano templado (CHAZARRA BERNABÉ et al., 2022). La temperatura media de Ejulve son 11.4 °C y el promedio de precipitación anual es de 507 mm (CLIMATE-DATA EJULVE, n.d.).

Diseño experimental

En el estudio se utilizaron cinco tratamientos incluyendo un tratamiento control, en el que no se aplica ningún producto, y cuatro biorrepelentes: perruna, orina de lobo, anticérvidos y silicio. Todos ellos se aplicaron en junio del 2024 justo antes de la sequía estival que es el momento en el que mayor predación se produce en esta zona; algunos de ellos se reaplicaron a lo largo del verano. Cada tratamiento forma parte de una parcela y cada parcela se repite dos veces, de tal forma que hay diez parcelas y treinta plantas por parcela, las cuales se marcaron con una etiqueta de lazo y se georreferenciaron.

El biorrepelente denominado "perruna" es una mezcla de heces de perro secas diluidas con agua en proporción 1:2 (el doble de agua que de heces) con el fin de que la mezcla esté lo suficientemente diluida para que se pueda pulverizar. La elección de este biorrepelente se debe a que se ha visto la predación por parte de otro herbívoro doméstico ha disminuido utilizando las heces de perro como repelente (ARNOULD et al., 1998). La aplicación foliar del producto se realizó con un pulverizador que consiste en una botella de 2L de plástico con el tapón agujereado para poder verter el contenido. Este tratamiento fue el único que no se repitió a lo largo del verano de tal forma que al principio su efecto era una inducción de miedo vía olfativa y, una vez se secó el producto, actuó como un biorrepelente que modifica el sabor.



El anticérvidos utilizado es un producto comercial que evita la depredación de las plantas cuando son depredadas por cérvidos. Se decidió utilizar este repelente siguiendo, por una parte, el objetivo de este trabajo de testear la eficacia de diferentes repelentes comerciales y sabiendo que hay bastante corzo en el área de estudio, y, por otra parte, viendo que ya se ha hecho algún estudio con repelentes comerciales (TRENT, 2001). La aplicación del mismo fue foliar diluido con agua siguiendo el protocolo del propio producto con el fin de comprobar su eficacia. Este biorrepelente deja una capa blanca en las hojas de la planta en las que se aplica. Se reaplicó cada 3-4 semanas a lo largo del ensayo. Este biorrepelente actúa modificando el sabor y la palatabilidad de las hojas.

La orina de lobo, otro producto comercial, se aplicó de forma diferente porque su acción es la inducción al miedo vía olfativa. Debido a los diferentes estudios (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001) que abalan la eficacia de utilizar metabolitos secundarios de depredadores de herbívoros como repelentes y siguiendo el objetivo de comprobar la eficacia de diferentes productos comerciales, se decidió utilizar este producto. Para su aplicación se siguieron los pasos del producto comercial para comprobar la eficacia del mismo. En este caso la orina de lobo se vertió en cuatro botellas de plástico agujereadas de 30 cL por parcela y sujetas con bridas a un tutor de madera a unos 60 cm de altura del suelo. La cantidad de orina de lobo por cada botella es aproximadamente de dos centímetros de alto dentro de la botella. Las botellas se ubican en el perímetro de la parcela de las plantas a distancias variables según necesidades orográficas de la propia parcela. A modo de ejemplo: en una de las parcelas, cada botella está a una distancia de entre 15 m y 40 m de otra formando un cuadrado, mientras que en la otra parcela las botellas se encuentran a entre 65 m y 85 m de distancia formando también un cuadrado. En este caso, como el biorrepelente se aplica de modo "areal", las plantas dentro de ese perímetro se señalaron, se identificaron y se georreferenciaron (al igual que las cuatro botellas que lo delimitaban). Este biorrepelente también se reaplicó cada 3-4 semanas con el fin de que siempre hubiera producto en las botellas.

El silicio es el cuarto y último producto comercial utilizado. En las instrucciones del producto indicaba que se podía utilizar de forma foliar o en el sustrato para que la planta asimilase los compuestos y los redistribuyese. No obstante, se realizó una aplicación foliar diluido en agua según las proporciones del propio producto debido a que su efecto es más rápido así (TRENT, 2001). El silicio es un producto que ha sido utilizado frente a otros herbívoros (MASSEY et al., 2009; COTTERILL et al., 2007), por lo que se decidió comprobar si en este caso también era eficaz siguiendo con el objetivo de comprobar productos comerciales. Este producto también se reaplicó cada 3-4 semanas.

Finalmente, con el fin de poder comparar las plantas con producto comercial con plantas sin ningún tipo de producto y poder determinar si las causas de los resultados se deben a los tratamientos aplicados o a otros factores de confusión (SCHEINER et al., 2001), se seleccionaron plantas en dos parcelas diferentes que actuaban como control.

Para instalar el experimento, las parcelas (Figura 1) debían seguir una serie de requisitos: que las 30 plantas estuvieran en una superficie menor de 150 m de largo; que cada parcela estuviera separada al menos 80 metros de otra parcela (independientemente del tipo de tratamiento) y que hubiera plantas en tubos protectores que estuvieran lo suficientemente crecidas como para que pudieran salir por encima del mismo. En caso de no encontrar suficiente número de plantas crecidas por encima de los protectores, se procedería a seleccionar planta sin protector que no fuera de gran tamaño priorizando las especies más palatables y dejando en último lugar las del género *Pinus*; siempre con la condición de cumplir el primer criterio. En ningún caso se seleccionaron plantas que no sobresalieran del tubo protector porque no tendrían sentido en este ensayo ya que, en ese caso, los herbívoros no iban a poder depredarlas. Las especies seleccionadas a lo largo de las diez parcelas fueron las presentes en la repoblación que se realizó, seleccionando en primer lugar las que tienen mayor palatabilidad: *Populus nigra*, *Sorbus domestica*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex*, *Acer monspessulanum*, *Prunus mahaleb*, *Amelanchier ovalis*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera* y *Pinus* sp.

Con respecto a las parcelas de orina de lobo es necesario un criterio adicional: tienen que estar lo suficientemente separadas (en distancia o por las condiciones orográficas) para que una parcela no influya en la otra. En el caso de este ensayo están a una distancia (en línea recta) de 2000 m y con un efecto barrera por la orografía del monte.

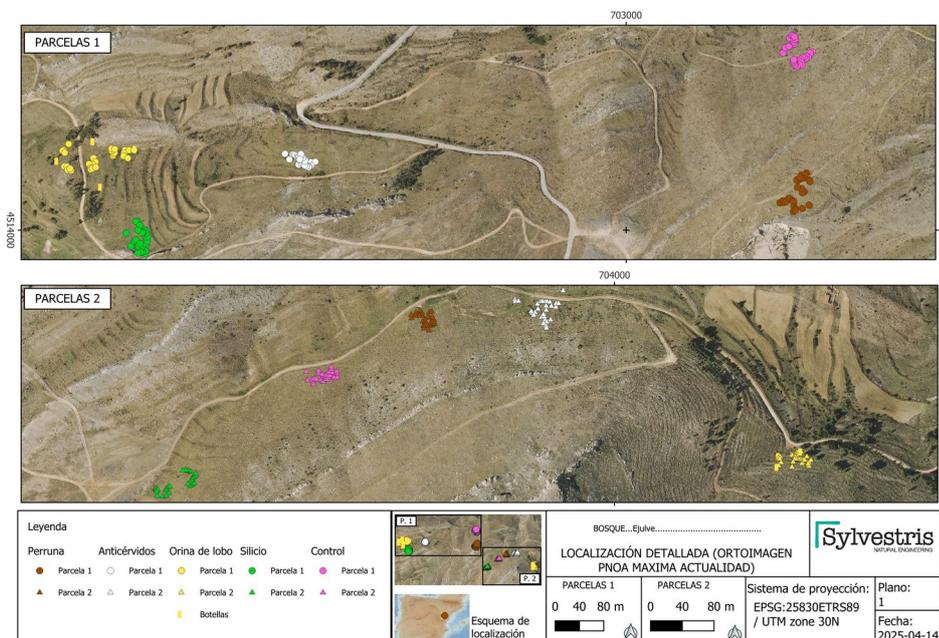


Figura 1. Mapa de las localizaciones de las plantas utilizadas para este ensayo.

En septiembre 2024 se volvió a campo a comprobar la predación que había tenido



lugar durante el verano. Para ello se apuntó como depredadas las plantas en las que se observaban rastros de predación como mordiscos en las hojas/ramitas o ausencia de hojas por encima del tubo. Esto se hizo así porque todas las plantas habían desarrollado nuevas hojas y ramas y, por tanto, no había posibilidad de confundirlas con alguna otra perturbación. Las plantas marcadas como no depredadas fueron las plantas que no tenían ninguna marca.

Tratamiento estadístico

Se analizó la supervivencia del conjunto del ensayo considerando la posible autocorrelación espacial entre las observaciones. Para ello se emplearon Modelos Aditivos Generalizados Mixtos (GAMM) adecuados para analizar los datos con distribución binomial que no cumplen con supuestos de linealidad, normalidad o independencia. El objetivo del análisis fue identificar la relación entre la predación y el tipo de tratamiento aplicado, incorporando la estructura espacial de los datos en el modelo. Todos los análisis se realizaron en R, utilizando los paquetes *tidyverse*, *sf*, *dplyr*, *ggplot2*, *nlme*, *glmmTMB*, *MuMIn*, *DHARMA*, *mgcv*, *lme4*, *emmeans*, *agricolae*, *viridis*.

4. Resultados

Los primeros análisis exploratorios mostraron que existe algún tipo de relación entre la tasa de predación, el tipo de biorrepelente y la especie (Figura 2), siendo la especie del pino la menos depredada. No obstante, no es la única relación observada ya que también se observó una posible autocorrelación espacial, la cual se vio que era positiva (Figura 3) al realizar el Índice de Moran.

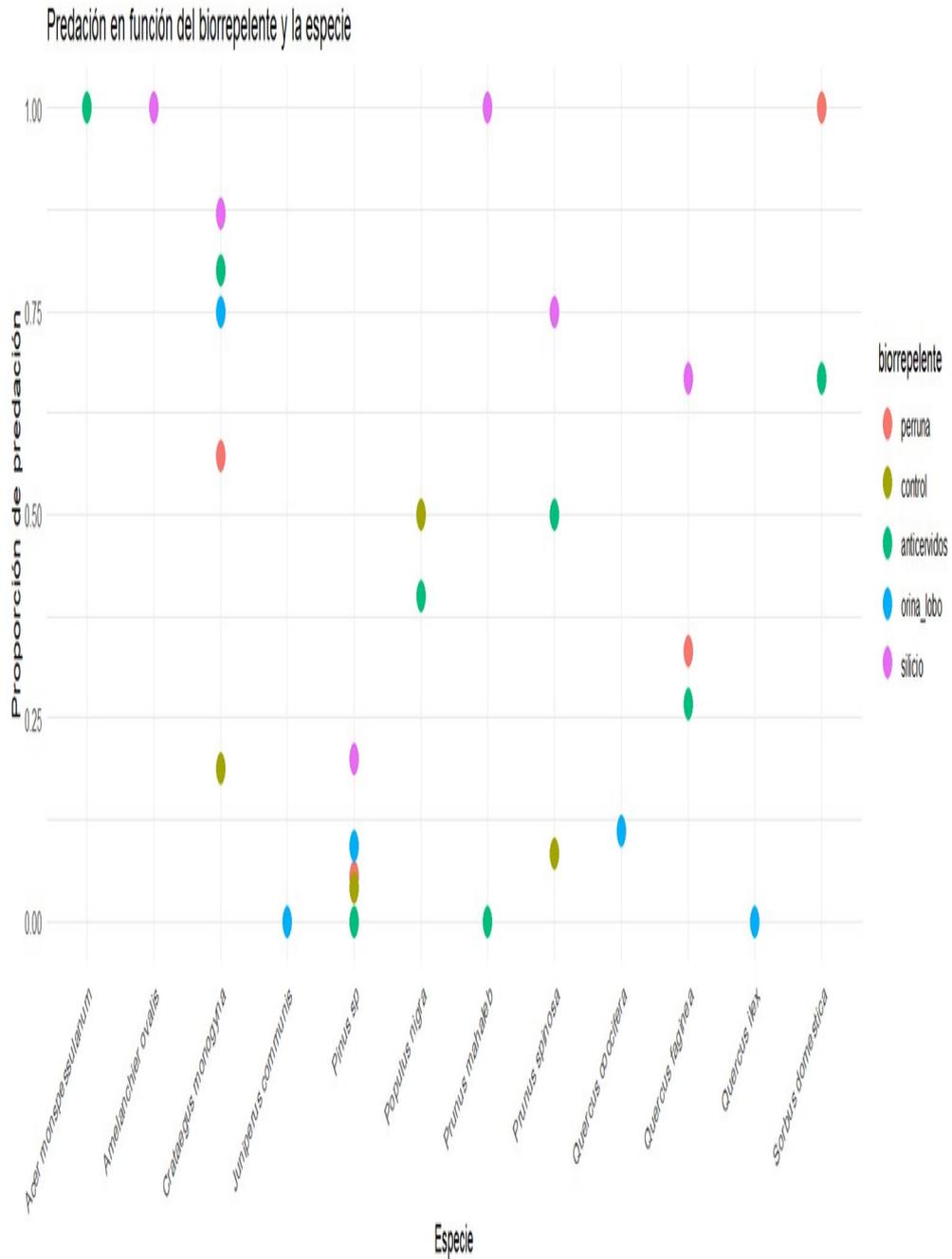


Figura 2. La proporción de predación varía en función del biorrepelente y la especie.

Mapa de predación según la posición geográfica y la altitud

Datos de Ejulve

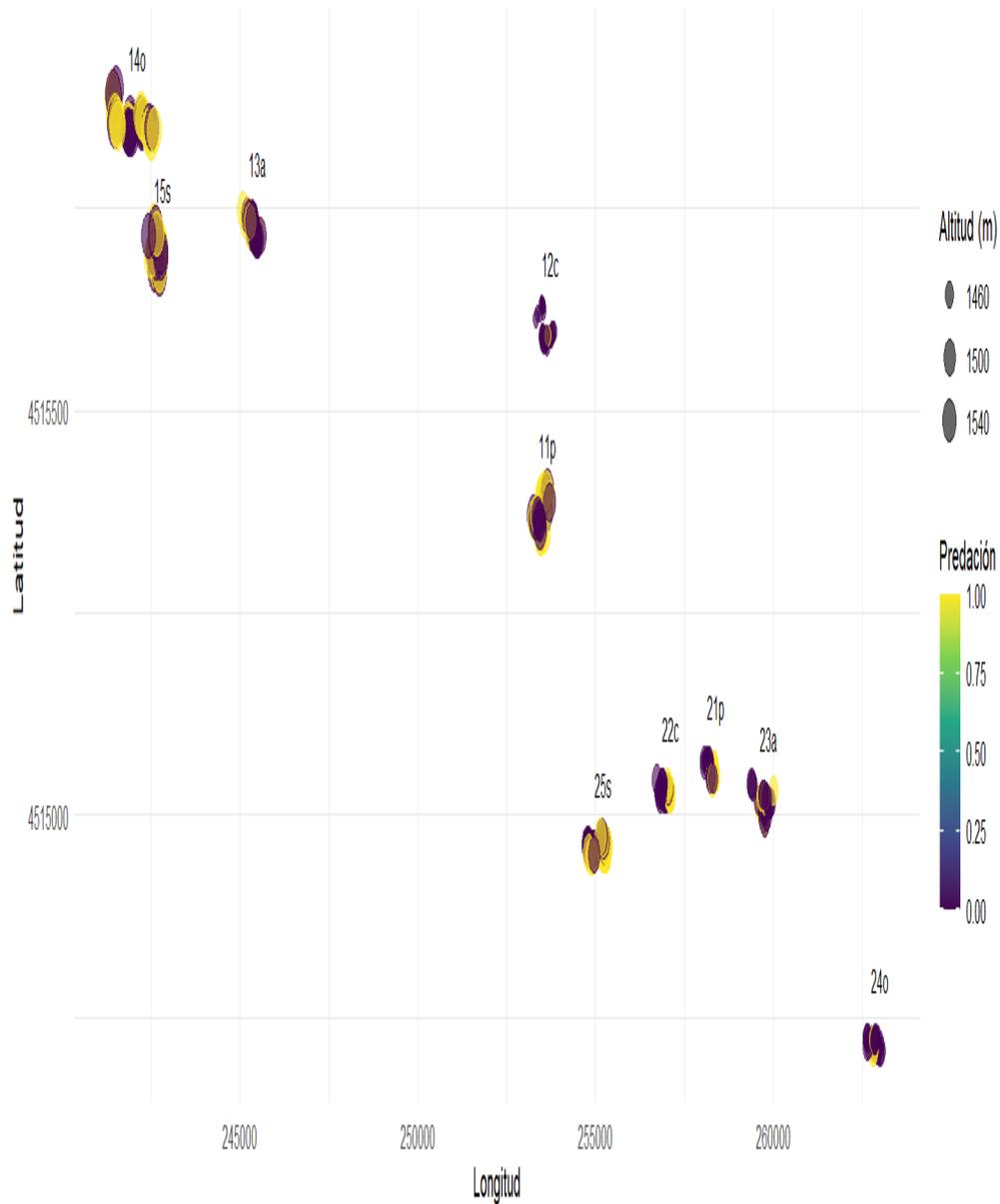


Figura 3. Distribución de las plantas depredadas en función de sus coordenadas y de la altitud donde están posicionadas. Cuanta mayor es la altitud mayor es el tamaño del punto. El código de las parcelas es el siguiente: 14o = parcela 1 del tratamiento de orina de lobo; 15s = parcela 1 del tratamiento de silicio; 13a = parcela 1 del tratamiento de anticérvidos, 12c = parcela 1 del tratamiento control; 11p = parcela 1 del tratamiento perruna; 24o = parcela 2 del tratamiento de orina de lobo; 25s = parcela 2 del tratamiento de silicio; 23a = parcela 2 del tratamiento de anticérvidos, 22c = parcela 2 del tratamiento control; 21p = parcela 2 del tratamiento perruna.

La parcela 1 del tratamiento control, que es la que está a menor altitud, es la parcela menos depredada. Esta influencia geográfica se observa también en que las parcelas situadas más al oeste en cada conjunto de parcelas 1 y parcelas 2, ya que son las más depredadas.

El modelo más adecuado es un modelo aditivo generalizado mixto (GAMM) debido a la distribución no lineal de los datos, la presencia de autocorrelación espacial, la comparación con otros modelos y los residuos bien ajustados. Las tasas de predación varían en función del tratamiento realizado (Figuras 4 y 5). Los tratamientos de silicio y el de la perruna tienen unas tasas de predación opuestas a los otros tres tratamientos, mientras que los tratamientos del control, el anticérvidos y la orina de lobo tienen tasas más similares, sobre todo los dos últimos.

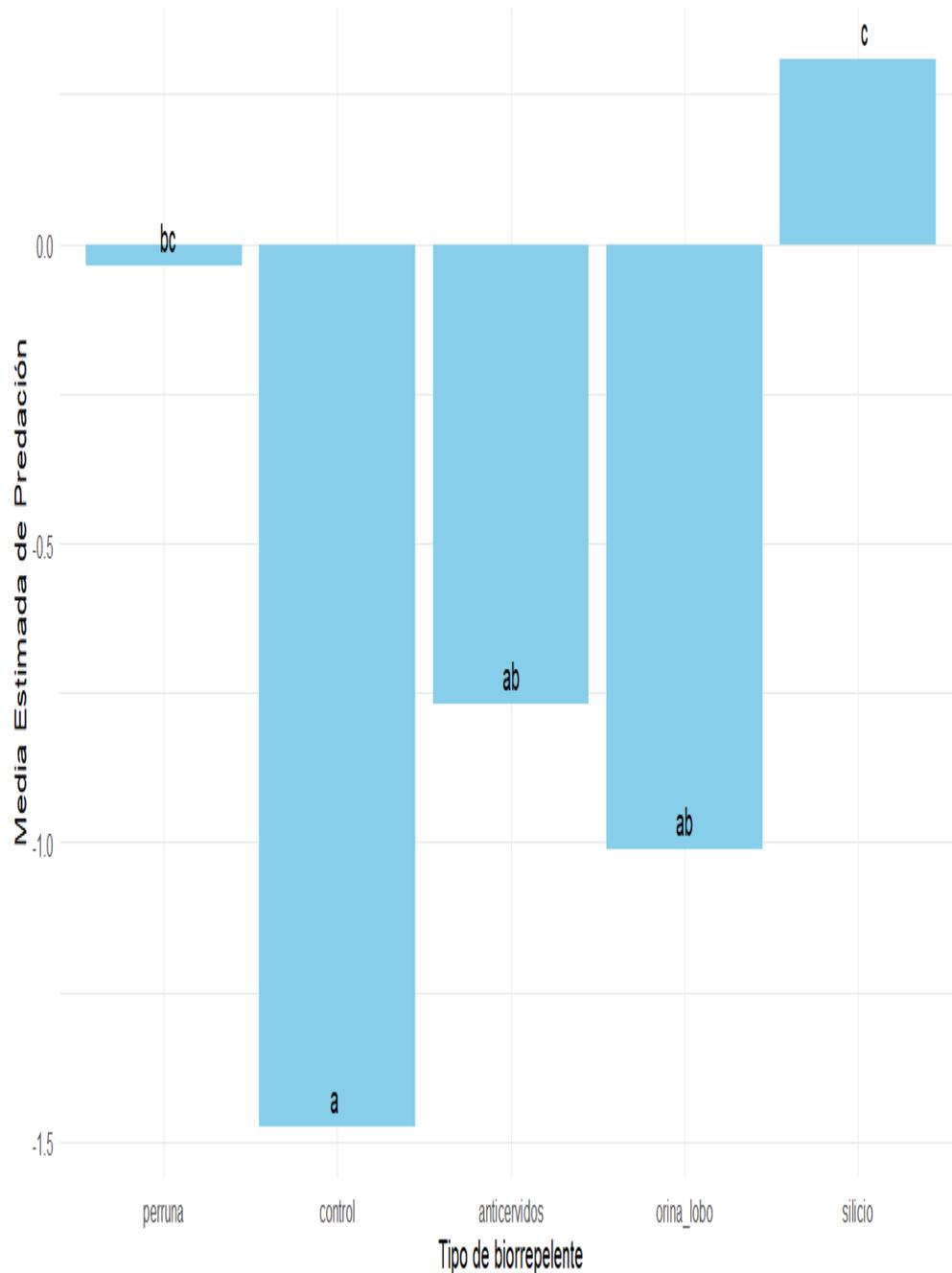


Figura 4: interacción entre la tasa de predación y los tratamiento aplicados. Las medias con letras diferentes (a, b y c) indican diferencias significativas.

Al comparar los tratamientos dos a dos se observa que, la comparación entre

perruna - orina de lobo y perruna - control tuvo unas diferencias significativas, teniendo menores tasas de predación los tratamientos de orina de lobo y control con respecto a la perruna. Esto también ocurre con la orina de lobo - silicio y el control - silicio, teniendo menores tasas de predación la orina de lobo y el control que el silicio. El resto de relaciones no tienen diferencias significativas.

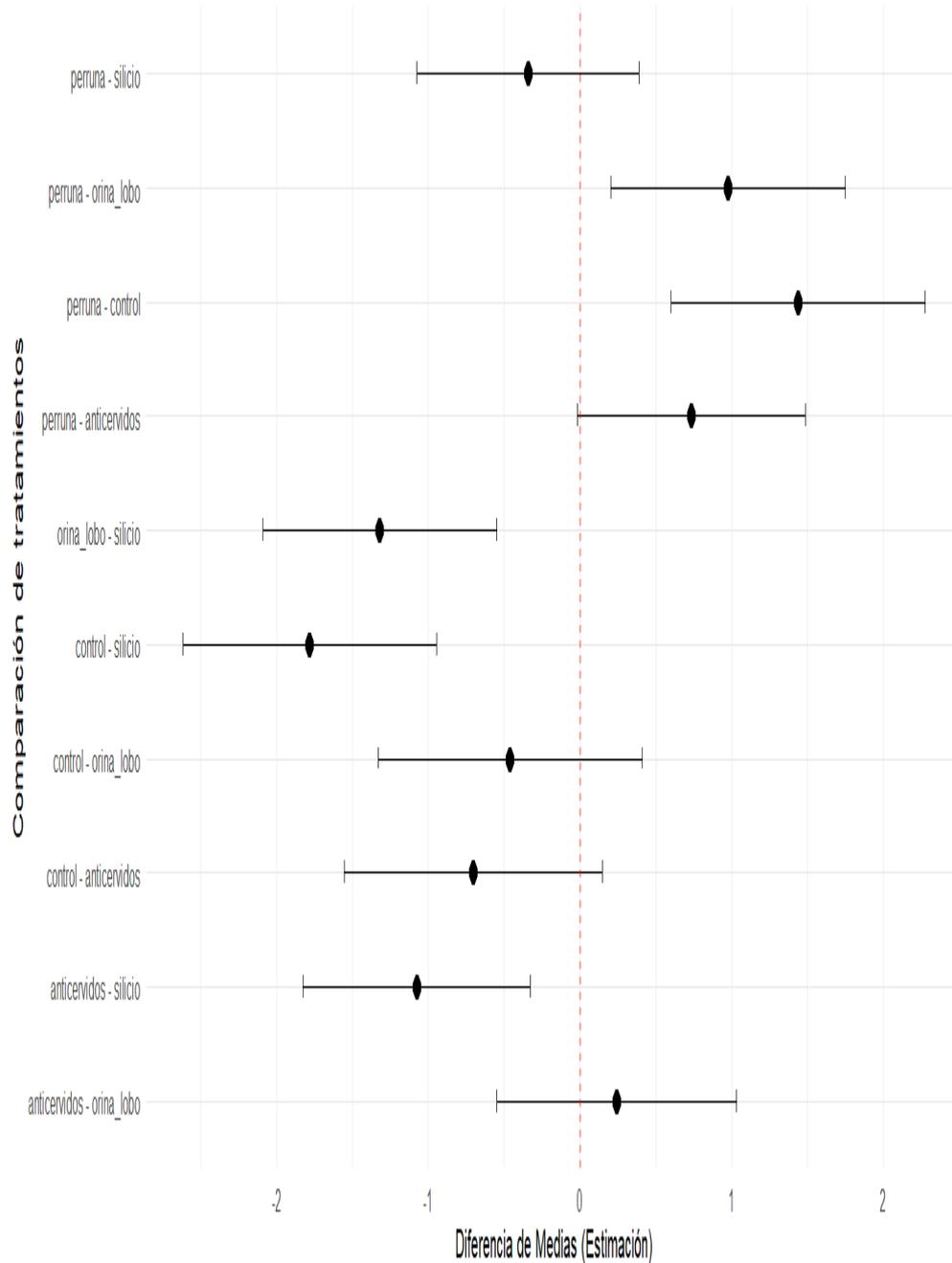


Figura 5: diferencia de medias en la predación comparando los tratamientos aplicados dos a dos.

Estos resultados junto con los datos obtenidos en el Índice de Moran (Moran's I = 0.283, $p < 0.001$), indican que las observaciones cercanas en el espacio tienden a presentar valores de predación similares. Este patrón sugiere que la distribución espacial de los tratamientos o de la fauna podría estar influyendo en los resultados



obtenidos.

5. Discusión

En la figura 2 se observa una gráfica con la predación en función de la especie y el tratamiento aplicado. En esa gráfica se observan dos especies que son comunes en los cinco tratamientos, *Crataegus monigyna* y *Pinus* sp., siendo la primera la más depredada en todos los tratamientos. El pino es una especie poco palatable mientras que el majuelo presenta una mayor palatabilidad, por lo que concuerda con lo señalado por GARIN et al., (2001) sobre la preferencia de los cérvidos por unas especies u otras en función de la palatabilidad.

En relación con los biorrepelentes, en la Figura 6 se observa que la proporción de predación (en escala de 0-1) es diferente según el tipo de tratamiento aplicado. Es a través de las figuras 4 y 5 cuando podemos observar que sí hay diferencias significativas entre ellos. Por una parte, el silicio aplicado en las hojas modifica la palatabilidad de la planta (REYNOLDS et al., 2009; SINGH et al., 2020) y disminuye la predación por herbivoría (MASSEY et al., 2009; COTTERILL et al., 2007). Sin embargo, lo que se observa en las Figuras mencionadas es que la predación es muy alta y es significativa en comparación con otros tratamientos en cuanto a que el silicio es poco eficaz como biorrepelente. Esto puede deberse, por un lado, a la forma de aplicar el producto, ya que hay ensayos en los que se ha aplicado silicio a las plantas durante más de los tres meses que dura este ensayo de forma foliar (LAANE, 2018) y otros en el suelo para que la planta lo asimile (SINGH et al., 2020; OSZAKO et al., 2023), siendo esta última forma de aplicarlo más eficaz (REYNOLDS et al., 2009). También puede deberse a los herbívoros de este estudio ya que se ha visto que el silicio ha sido eficaz con respecto a ovejas (MASSEY et al., 2009), conejos (COTTERILL et al., 2007), insectos (REYNOLDS et al., 2009) y hongos (LAANE, 2018), pero en cabras y corzos no hay información sobre su eficacia.

Predación en función de biorrepelente

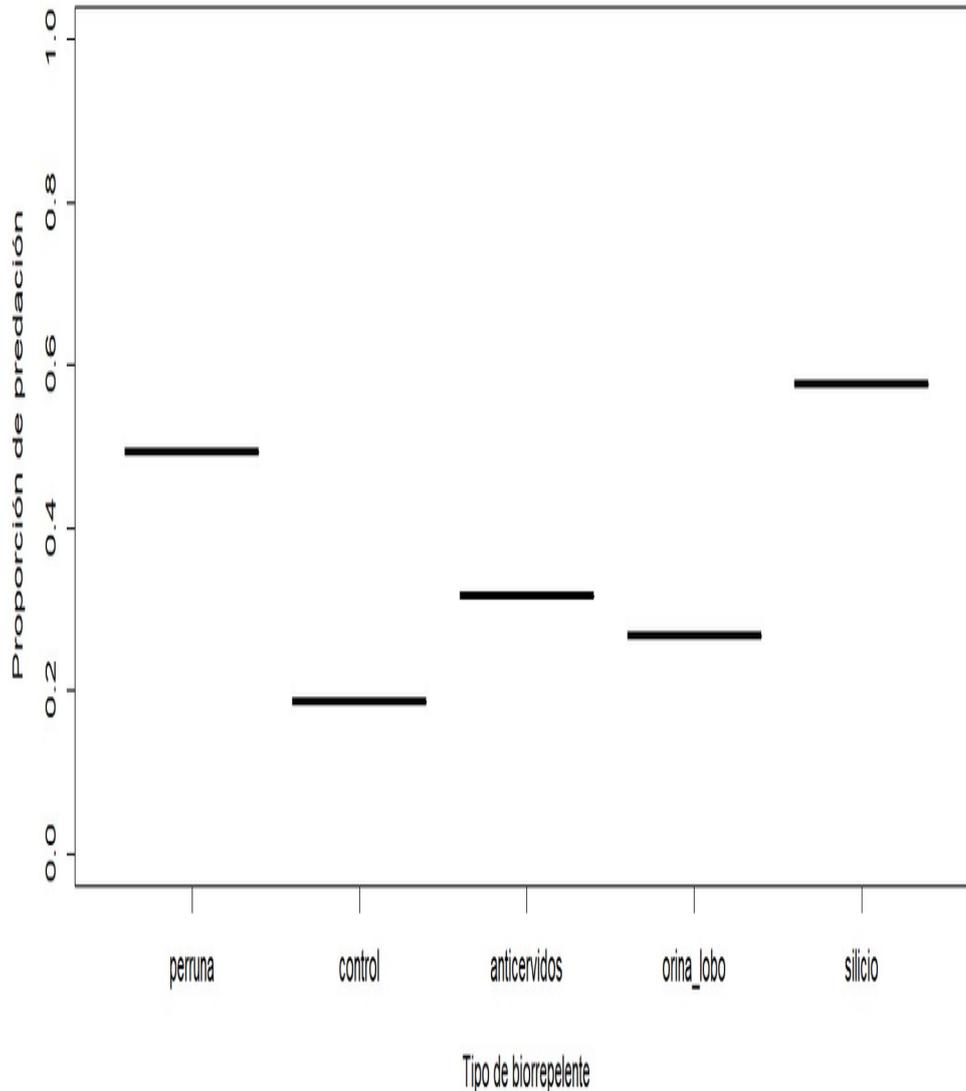


Figura 6: proporción de predación en función del tratamiento de biorrepelente aplicado.

La perruna también ha tenido una alta tasa de predación, lo cual implica que no ha sido eficaz como biorrepelente. ARNOULD et al., (1998) vieron que la predación de herbívoros disminuye utilizando heces de perro debido a algunos de los componentes químicos con efecto oloroso que forman parte de este residuo. Esto se debe a que el olor de las excreciones de los depredadores puede modificar el comportamiento de los herbívoros (ZAMARATSKAIA & SQUIRES, 2009). No obstante, los resultados de este producto, similares a los del silicio, muestran que no ha sido un repelente eficaz en este ensayo. Es posible que esto esté relacionado con la forma de aplicarlo porque, una vez se secó el producto en las hojas de las

plantas, dejó de tener eficacia olorosa y pasó a modificar el sabor de la planta, lo cual no es muy eficaz ya que los herbívoros tienen facilidad para adaptarse a los sabores (NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001).

El anticérvidos utilizado es un producto que deja un color blanquecino en las hojas, disminuye la palatabilidad de las plantas y modifica el sabor de las mismas. En la Figura 6 es el segundo producto con menor tasa de predación, pero el efecto de este producto en este ensayo es similar a la orina de lobo. En la figura 4 se observa que tiene un efecto significativo con respecto al producto perruna y al silicio en cuanto a que el anticérvidos ha sido más eficaz que esos dos productos. Esto probablemente se deba a que no solo modifica el sabor de las hojas, sino también cambia el color y la palatabilidad de las hojas y este último efecto conlleva una disminución de la predación (PARSONS et al., 2018; REYNOLDS et al., 2009; SINGH et al., 2020).

La orina de lobo ha sido el producto con menor tasa de predación, lo cual encaja con otros estudios realizados donde describen que el olor a productos secundarios de depredadores de herbívoros son un repelente eficaz (PARSONS et al., 2018; NAVARRO CERRILLO et al., 2021; MARSH et al., 2010; TRENT, 2001). En la figura 4 se observa que tiene el mismo resultado significativo que ha tenido el producto anticérvidos siendo los dos productos con mejor resultado con respecto a la predación de herbívoros.

El tratamiento de control es el que menos tasa de predación ha tenido (Figura 6), el que ha tenido resultados significativos de ser más eficaz que el silicio y la perruna (Figura 5) y un resultado significativo con respecto a los demás tratamientos, pero no difiere en exceso de los resultados significativos de los tratamientos de orina de lobo y anticérvidos (Figura 4).

Los resultados obtenidos en este ensayo se ven influenciados por la autocorrelación espacial que se observa en la Figura 3. Esta autocorrelación se ha dado por las dificultades obtenidas a la hora de implantar el ensayo que se observa en la Figura 1, ya que las plantas del ensayo se seleccionaron en función de los criterios descritos en materiales y métodos, lo cual dificultó el diseño. Por ejemplo, la parcela con menor predación es la parcela 1 del tratamiento control, pero también es la parcela con menor altitud y la más alejada del resto, lo cual puede haber influido en el recorrido que realizaron los herbívoros. La instalación de estas parcelas control nos permite comprobar que, efectivamente, hay otros factores de confusión que influyen en la predación (SCHEINER et al., 2001), como la densidad y persistencia de los herbívoros, la disponibilidad de alimentos alternativos, el clima (ya que la lluvia puede eliminar el rastro de los productos, cosa que no ocurrió en el transcurso de este ensayo) y la autocorrelación espacial, siendo, este último, uno de los más importantes influyentes en este ensayo.

6. Conclusiones

Este ensayo pone de manifiesto la importancia de controlar la mayor cantidad posible de variables con el fin de evitar factores de confusión que puedan influir en los resultados. En este caso, se ha observado que la ubicación geográfica ha tenido un efecto determinante, situando al tratamiento control entre los más eficaces junto al anticérvidos y a la orina de lobo, mientras que la perruna y el silicio han mostrado no tener ningún efecto significativo en la prevención de la herbivoría. Estos procedimientos, en todo caso, no han sido evaluados desde un



enfoque económico (comparación entre el coste de la aplicación de los productos y el corte derivado por la reposición por daños), por lo que se recomienda incluir este tipo de análisis en futuros estudios.

Asimismo, se considera necesario realizar ensayos adicionales con condiciones orográficas más homogéneas con el fin de poder evaluar la eficacia de los biorrepelentes de forma más precisa evitando en la medida de lo posible los factores de confusión, independientemente de si son estos u otros productos. En este caso, dada la efectividad de los productos de orina de lobo y anticérvidos, que han sido los dos productos que mejor respuesta han mostrado, sería especialmente interesante diseñar un ensayo específico centrado en estos dos productos. En caso de realizar otro estudio con el silicio y la perruna, se recomienda modificar la metodología de la aplicación de los mismos, con el objetivo de explorar posibles variaciones en su eficacia respecto a los resultados obtenidos en este ensayo. En cualquier caso, es muy importante utilizar los biorrepelentes adecuados a los herbívoros locales y combinar estrategias para una protección eficaz durante las fases iniciales de desarrollo de las plantas.

7. **Agradecimientos** Queremos expresar nuestro agradecimiento al Excmo. Ayuntamiento de Ejulve por su colaboración a la hora de realizar el estudio, a Juan Carlos Sanz Gil por su ayuda en la provisión de perruna, y a los compañeros Javier Sánchez de Molina y Aitor Lozano Gascón por su participación en la aplicación de los tratamientos.

8. Bibliografía

- ARNOULD, C., MALOSSE, C., SIGNORET, J. P., & DESCOINS, C. (1998). Which chemical constituents from dog feces are involved in its food repellent effect in sheep?. *Journal of Chemical Ecology*, 24, 559-576.
- CHAZARRA BERNABÉ, A., LORENZO MARIÑO, B., ROMERO FRESNEDA, R., & MORENO GARCÍA, J. V. (2022). *Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020*. <https://doi.org/10.31978/666-22-011-4>
- CONOVER, M. R. (2001). *Resolving human-wildlife conflicts: the science of wildlife damage management*. CRC press.
- COTTERILL, J. V., WATKINS, R. W., BRENNON, C. B., & COWAN, D. P. (2007). Boosting silica levels in wheat leaves reduces grazing by rabbits. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(3), 247-253.
- GARIN, I., ALDEZABAL, A., GARCÍA-GONZÁLEZ, R., & AIHARTZA, J. R. (2001). *Composición y calidad de la dieta del ciervo (Cervus elaphus L.) en el norte de la península ibérica*. <https://doi.org/https://www.raco.cat/index.php/abc/article/view/57573>
- LAANE, H. M. (2018). The effects of foliar sprays with different silicon compounds. *Plants*, 7(2), 45.
- MARSH, R. E., & SALMON, T. P. (2010). Vertebrate pest control chemicals and their use in urban and rural environments. *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology*, 271-284.
- MASSEY, F. P., MASSEY, K., ROLAND ENNOS, A., & HARTLEY, S. E. (2009). Impacts of silica-based defences in grasses on the feeding preferences of sheep. *Basic and Applied Ecology*, 10(7), 622-630. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.04.004>
- NAVARRO CERRILLO, R. M., SERRADA HIERRO, R., GÓMEZ MAMPASO, V., OCAÑA BUENO, L., & PEMÁN GARCÍA, J. (2021). Siembras y plantaciones. En J. Pemán García, R. M. Navarro Cerrillo, M. A. Prada Sáez, & R. Serrada Hierro (Coords.),



Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal (Tomo I, pp. 722–780). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/basestecnicasyecologicasdelproyectederepoblacionforestaltomo1_tcm30-534170.pdf

OSZAKO, T., KOWALCZYK, K., ZALEWSKA, W., KUKINA, O., NOWAKOWSKA, J. A., RUTKIEWICZ, A., BAKIER, S., & BOWOWIK, P. (2023). Feasibility of using a silicon preparation to promote growth of forest seedlings: application to pine (*Pinus sylvestris*) and Oak (*Quercus robur*). *Forests*, *14*(3), 577.

PARSONS, M. H., APFELBACH, R., BANKS, P. B., CAMERON, E. Z., DICKMAN, C. R., FRANK, A. S. K., JONES, M. E., MCGREGOR, I. S., MCLEAN, S., MÜLLER-SCHWARZE, D., SPARROW, E. E., & BLUMSTEIN, D. T. (2018). Biologically meaningful scents: a framework for understanding predator–prey research across disciplines. *Biological Reviews*, *93*(1), 98–114. <https://doi.org/10.1111/brv.12334>

REYNOLDS, O. L., KEEPING, M. G., & MEYER, J. H. (2009). Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: A review. *Annals of Applied Biology*, *155*(2), 171–186. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00348.x>

SCHEINER, S. M., & GUREVITCH, J. (Eds.). (2001). *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press.

SINGH, A., KUMAR, A., HARTLEY, S., & SINGH, I. K. (2020). Silicon: Its ameliorative effect on plant defense against herbivory. In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 71, Issue 21, pp. 6730–6743). Oxford University Press.

<https://doi.org/10.1093/jxb/eraa300>

SULLIVAN, T. R., NORDSTROM, L. O., & SULLIVAN, D. S. (1985). USE OF PREDATOR ODORS AS REPELLENTS TO REDUCE FEEDING DAMAGE BY HERBIVORES I.

Snowshoe Hares (*Lepus americanus*). In *Journal of Chemical Ecology* (Vol. 11, Issue 7).

TRENT, A. (2001). *Comparison of Commercial Deer Repellants*. US Department of Agriculture, Forest Service, Technology & Development Program.

ZAMARATSKAIA, G., & SQUIRES, E. J. (2009). Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal*, *3*(11), 1508–1521.

<https://doi.org/10.1017/S1751731108003674>

Referencias web:

CLIMATE-DATA EJULVE. (n.d.). Clima: Ejulve. Consultado el 14 de abril de 2025, de <https://es.climate-data.org/europe/espana/aragon/ejulve-414592/>

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN). (n.d.). El clima en España. Consultado el 14 de abril de 2025, de

https://educativo.ign.es/atlas-didactico/clima-eso/el_clima_en_espaa.html