



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Patrones de actividad de mesocarnívoros en el  
Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido

Mesocarnivores activity patterns in Ordesa and  
Monte Perdido National Park

Autora

Lucía Rodríguez Espina

Codirectores

Jesús Martínez Padilla

Juan Herrero

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA

2023

## Índice de contenidos

Resumen .....	5
Abstract .....	6
1. Introducción .....	7
1.1. Antecedentes.....	7
1.1.1. Especie de estudio.....	8
1.1.2. Monitorización.....	10
1.2. Justificación .....	12
1.3. Objetivos.....	12
2. Área de estudio.....	13
3. Material y métodos .....	17
3.1. Tratamiento estadístico de los datos .....	17
4. Resultados .....	18
4.1. Patrones de actividad diaria .....	18
4.1.1. Garduña .....	18
4.1.2. Topillo nival.....	19
4.1.3. Marmota alpina .....	19
4.2. Patrones de actividad diaria estacional.....	20
4.2.1. Garduña .....	20
4.2.2. Topillo nival.....	21
4.2.3. Marmota alpina .....	21
4.3. Solapamiento en los patrones de actividad diaria de la garduña y el topillo nival .....	22
4.4. Determinación de riqueza y abundancia.....	23
4.4.1. Garduña .....	26
4.4.2. Topillo nival.....	26
4.4.3. Marmota alpina .....	27
4.4.4. Abundancia de especies .....	27
5. Discusión.....	28
6. Conclusiones.....	31
7. Recomendaciones.....	32
8. Agradecimiento .....	32
9. Bibliografía.....	33
10. Anejos .....	36
Anexo I. Fotografías.....	36

## Índice de figuras

Figura 1. Distribución del topillo nival en España.....	8
Figura 2. Tendencia poblacional del topillo nival en el PNOMP considerando el período de tiempo desde 2011 a 2022 .....	9
Figura 3. Distribución espacial de la garduña en España .....	10
Figura 4 y 5. Captura de topillo nival (4) con trampa Sherman (5) .....	11
Figura 6 y 7. Cámaras de fototrampeo.....	11
Figura 8. Localización de las áreas de captura de topillos nivales con trampa.....	14
Figura 9. Distribución de las estaciones de fototrampeo.....	16
Figura 10. Patrón de actividad diaria de la garduña.....	18
Figura 11. Patrón de actividad diaria del topillo nival.....	19
Figura 12. Patrón de actividad diaria de la marmota alpina .....	19
Figura 13. Patrón de actividad otoñal de la garduña.....	20
Figura 14. Patrón de actividad primaveral de la garduña.....	20
Figura 15. Patrón de actividad primaveral del topillo nival.....	21
Figura 16. Patrón de actividad estacional de la marmota alpina en otoño. ....	22
Figura 17. Patrón de actividad primaveral de la marmota alpina. ....	22
Figura 18. Solapamiento en los patrones de actividad diaria anual de la garduña y el topillo nival .....	23
Anejo I	
Figura 1. Zona de gleras (hábitat del topillo nival) en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.....	34
Figura 2 y 3. Trampas Sherman.....	35
Figura 4. Topillo nival capturado con trampas Sherman.....	36

## Índice de tablas

Tabla 1. Áreas de captura de topillo nival a partir de trampas. Donde los índices finales de cada localización indican diferentes parcelas dentro de cada área. ....	15
Tabla 2. Áreas de fototrampeo.....	16
Tabla 3. Análisis de la varianza (ANOVA) para la riqueza en la totalidad de individuos según las variables tratamiento, estación y localización. Donde $Pr(>Chisq)$ equivale a $P>0.05$ . ....	23
Tabla 4. Detalle del análisis de la varianza (ANOVA) para la riqueza en la totalidad de individuos según las variables tratamiento, estación y localización. Donde $Pr(>Chisq)$ equivale a $P>0.05$ . EE: Error estándar. ....	24
Tabla 5. Riqueza de especies según la localización. ....	24
Tabla 6. Riqueza de especies según la estación. ....	24
Tabla 7. Análisis de la varianza (ANOVA) para la abundancia de especies según la estación, tratamiento y localización. ....	25
Tabla 8. Detalle del análisis de la varianza (ANOVA) para la abundancia de especies según la estación, tratamiento y localización.....	25
Tabla 9. Abundancia de la garduña según localización, tratamiento y estación.....	26
Tabla 10. Análisis de la varianza (ANOVA) de las variables localización, tratamiento y estación para la abundancia de la especie garduña.....	26
Tabla 11. Abundancia del topillo nival según localización, tratamiento y estación.....	26
Tabla 12. Abundancia de la marmota alpina según localización, tratamiento y estación. ...	27
Tabla 13. Análisis de la varianza (ANOVA) de las variables localización, tratamiento y estación para la especie marmota alpina.....	27
Tabla 14. Abundancia de todas las especies resultantes del muestreo.....	27

## Resumen

El cambio global, acompañado del aumento de las temperaturas, puede afectar a la dinámica poblacional de determinadas especies sensibles y dependientes de estos factores, como es el caso del topillo nival *Chionomys nivalis*. Además, factores interespecíficos como la relación depredador - presa, también pueden influir en la densidad de una especie. El topillo nival ha sido estudiado a lo largo de 11 años en el Pirineo, en diferentes localidades y con diferentes métodos, demostrando el declive de sus poblaciones.

A partir de modelos definidos en la herramienta de tratamiento estadístico de RStudio, se analizan una serie de datos obtenidos previamente en el trabajo de campo realizado por el equipo del Instituto Pirenaico de Ecología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IPE-CSIC), la Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental (SARGA) y con la colaboración de Gestión Ambiental de Navarra S.A. – Nafarroako Ingurumen Kudeaketa (GAN - NIK) del Gobierno de Navarra. Los datos tratados se basan en una recopilación de los individuos detectados en cámaras de fototrampeo en diferentes puntos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), concretamente en 6 localizaciones durante 2022, en otoño y primavera. Además, la base de datos proporcionada para el tratamiento incluye información como la hora de captura, el día, la estación del año y la especie, entre otras. Con todo ello, a partir de la herramienta citada, se realizan modelos estadísticos y un test de varianza para calcular las diferentes abundancias y riqueza de especies en función de ciertos parámetros concretos: localización (punto de ubicación de la cámara de fototrampeo), estación (primavera y otoño) y cebo (pollo *Gallus gallus domesticus* o sardina *Sardina pilchardus*) para las tres especies seleccionadas: el topillo nival (especie de principal interés en este estudio), la garduña *Martes foina* (su principal depredador) y la marmota alpina *Marmota m. marmota* (especie de control).

Todo este trabajo se lleva a cabo a fin de analizar los patrones de actividad diaria de los mesocarnívoros citados en el PNOMP, así como el grado de solapamiento entre las tres especies y su relación, las diferencias significativas entre usar unos tratamientos u otros, la estación del año y las localizaciones, así como la determinación de la riqueza y abundancia de las especies.

Se observa con todo ello que los patrones de actividad diaria que siguen las tres especies son los esperados según sus costumbres. La garduña y la marmota alpina coinciden en espacio y tiempo en una parte del día con el topillo nival, de manera que la presencia de su depredador podría intervenir en la densidad de su población, junto con otros factores derivados del cambio climático o los cambios en los usos del suelo.

Finalmente, los test estadísticos de varianza dan como resultado que, en términos generales, el número de detecciones registradas en la totalidad de este estudio vienen determinadas por las tres variables definidas, puesto que existe una concentración de abundancia interespecífica en una localización concreta, en otoño y usando como cebo el pollo.

### Palabras clave

*Chionomys nivalis*, monitorización, riqueza, abundancia, diferencias significativas, depredador, presa.

## Abstract

Global change, together with increased temperatures, can affect the population dynamics of certain sensitive species dependent on these factors, such as the snow vole *Chionomys nivalis*. In addition, interspecific factors like the predator-prey relationship can also influence in density of our target species. The snow vole has been studied for 11 years in the Pyrenees, in different locations and with different methods, demonstrating the decline of its populations.

con la colaboración de Gestión Ambiental de Navarra S.A. - Nafarroako Ingurumen Kudeaketa (GAN – NIK) del Gobierno de Navarra

From models defined in the RStudio statistical treatment tool, the data previously obtained in field work by the team of the Pyrenean Institute of Ecology (IPE), the Aragonese Society of Agro-Environmental Management (SARGA) and in collaboration with Navarre Environmental Management – Nafarroako Ingurumen Kudeaketa (GAN - NIK) of Government of Navarra. The data processed is based on a compilation of individuals by means of cameras at different points in the Ordesa y Monte Perdido National Park (ONP), specifically in 6 locations in 2022 in autumn and spring. In addition, the database provided for processing includes information about the time of capture, day, season, species, among other things. With all this, from the mentioned tool, statistical models and a variance test are carried out to calculate the different abundances and richness of species based on certain specific parameters: location (location point of the phototrapping camera), season (spring and autumn) and treatment (chicken *Gallus gallus domesticus* or sardine *Sardina pilchardus*); and for three selected species: the Snow vole (species of main interest in this study), the Stone marten *Martes foina* (its main predator) and the Alpine marmot *Marmota m. marmota* (control specie).

All of this work is carried out in order to analyze the daily activity patterns of the mesocarnivores mentioned above the ONP, as well as the degree of overlap between them and their relationship, the significant differences between using some treatments or others, the season of the year and locations, and determine the richness and abundance of the species.

It is observed from all this that the daily activity patterns followed by the three species are those expected according to their customs. The marten and the alpine marmot coincide in space and time in part of the day with the snow vole, so that the presence of its predator intervenes in the density of its population, along with other factors in relation with climate change or changes in land uses.

Finally, the statistical variance tests show that, in general terms, the number of detections recorded in the entirety off this study are determined by the three defined variables, since there is a concentration of interspecific abundance in a specific location, in autumn and using chicken as treatment.

### Keywords

*Chionomys nivalis*, monitoring, richness, abundance, significant differences, predator, prey.

# 1. Introducción

## 1.1. Antecedentes

El concepto de ecosistema ha tenido multitud de definiciones a lo largo de los años, considerándolo como el estudio científico que aborda la interacción de individuos y de éstos con los factores ambientales, explicando la distribución y abundancia de los organismos. Además, la ecología engloba tres niveles de organización: individuos, poblaciones y comunidades (Begon *et al.*, 2006).

El ecosistema comprende la comunidad biológica junto con su ambiente físico, pero, para entender la naturaleza de una comunidad, hay que tener en cuenta que no sólo consiste en la suma de las especies que la forman, sino que es su suma más las interacciones existentes en ellas (Begon *et al.*, 1999). También existen interacciones abióticas y bióticas. Estas últimas pueden ser intra e interespecíficas. Las interacciones intraespecíficas se producen entre individuos de la misma especie, como por ejemplo la competencia por los recursos tróficos, de parejas o lugar de invernada. Al contrario, las interacciones interespecíficas, tienen lugar entre poblaciones o individuos de distintas especies, como pueden ser el mutualismo, el comensalismo o el parasitismo. Además, la depredación, es una de las relaciones interespecíficas que puede tener una fuerte influencia en la regulación del tamaño poblacional de las especies presa (Álvarez, 2016). Por ello, es interesante comprender los patrones de interacción entre depredador y presa en una comunidad y, así, poder comprender patrones en la estructura y composición de la población de la especie presa (Begon *et al.*, 1999), que es en lo que se centra este estudio.

Estas interacciones dinámicas vienen descritas, entre otros, en el modelo depredador – presa de Lotka - Volterra, un modelo basado en ecuaciones matemáticas desarrollado a principios del siglo XX y que presenta un modelo de comportamiento oscilatorio provocado por una relación depredador – presa con otra especie (Lotka, 1925).

Para poder reconocer y analizar estas relaciones, es necesario llevar a cabo monitoreos de las especies de interés. En este caso es necesario tener buenos métodos de muestreo tanto para la especie presa, como para sus depredadores. Para ello se ha realizado un trabajo de monitorización del topillo nival *Chionomys nivalis* (Martins 1842), un micrótido que habita en roquedos y gleras alpinas en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (PNOMP), a través de trampas Sherman y cámaras de fototrampeo (Anejo I) para detectar ejemplares de topillo nival y sus potenciales depredadores, respectivamente.

Los resultados obtenidos en relación a las abundancias, riqueza de especies y presencias de la especie presa se pueden considerar como fiables y válidos gracias al esfuerzo de muestreo empleado replicado en el tiempo y en el espacio con un esfuerzo y diseño de muestreo consistente en un amplio rango de años (2011 - 2022). En relación al fototrampeo, se ha realizado durante el año 2022 en primavera y en otoño en 6 localidades donde se conoce la dinámica poblacional de la especie presa.

Con los datos obtenidos se podrá estudiar el grado de solapamiento de los patrones de actividad en ambas especies, predador y presa, e inferir la posible influencia que tienen las especies predatoras en la dinámica poblacional regresiva de la especie en el PNOMP. Esto se realiza a través de diferentes análisis estadísticos partiendo de modelos diseñados previamente para poder obtener los resultados deseados.

### 1.1.1. Especie de estudio

El topillo nival es un micrótido y uno de los topillos con mayor tamaño. Cuenta con tres subespecies en la Península Ibérica, siendo *C. n. aquitanicus* la especie propia del Pirineo (Piñeiro, 2017).

Se trata de un topillo de gran tamaño, con colores grises y pardos y el vientre más bien blanquecino. Alcanza una longitud corporal máxima de 140 mm y hasta 74 mm de cola y puede llegar a pesar 70 gr (Sanz *et al.*, 2018).

En cuanto a su hábitat principal, ocupa hábitats de alta montaña de gran parte de Europa. Se halla en zonas alpinas y subalpinas pedregosas (gleras), entre los 1000 y 4700 m de altitud (Mitchell-Jones *et al.*, 1999; SECEM, 2023), aunque se puede encontrar en altitudes menores. El registro altitudinal más bajo se encuentra a 84 m en La Tour, Francia (Sanz *et al.*, 2018). En España, ocupa las cadenas septentrionales con mayor altitud de la Península Ibérica (figura 1), entre las que se encuentra el Pirineo. Concretamente en el PNOMP se localiza en todas las zonas favorables a partir de los 1500 – 1600 m de altitud en adelante hasta detectarse en la cima de Monte Perdido (Martínez - Padilla *comunicación personal*). En estos parajes crean redes de túneles y galerías donde se refugian, dejando en la entrada de las madrigueras depósitos de hierbas para secarlas al sol y almacenarlas para el invierno (Piñeiro, 2017; Villagrasa Ferrer, 2019).



Figura 1. Distribución del topillo nival en España (SECEM, 2023).

Son animales con actividad principalmente nocturna, salen por la noche en busca de alimento, pero también tienen actividad por el día en numerosas ocasiones, sobre todo en invierno. Es una especie principalmente herbívora (MITECO, 2023).



Su ciclo reproductor es entre primavera y verano, desde principios de mayo hasta agosto o septiembre, en función de la localización geográfica, la altitud y las condiciones ambientales. El periodo de gestación ronda los 20 – 22 días, naciendo las primeras crías en mayo. Tienen una edad reproductora tardía respecto a otros topillos, pues alcanzan su madurez sexual en la primavera siguiente a la de su nacimiento (MITECO, 2023; Piñeiro, 2017; Sanz *et al.*, 2018).

El topillo nival está catalogado globalmente como de Preocupación Menor (Least Concern, LC) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Villagrasa Ferrer, 2019). En España figura como casi amenazada (NT) en el Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España (MITECO, 2007) y, a nivel autonómico, está incluida en el Catálogo de Especies Amenazadas en Aragón (BOA, 2022). Entre sus principales depredadores están carnívoros como la garduña *Martes foina*, el zorro *Vulpes vulpes*, la comadreja *Mustela nivalis*, el armiño *Mustela erminea*, el gato montés *Felis silvestris*, o aves como el cuervo *Corvus corax* y el cárabo *Strix aluco*. Además, las amenazas naturales como los cambios de temperatura o fenómenos naturales y las actividades deportivas y turísticas pueden afectarle negativamente (Sanz *et al.*, 2018). En el caso concreto del PNOMP, en los muestreos realizados entre los años 2011 y 2021 anteriormente mencionados, se observa un incremento poblacional hasta 2015 seguido de un continuo declive hasta el año 2021, alcanzando mínimos con respecto al inicio del estudio (figura 2). Esto se puede deber a factores abióticos como la dinámica de la nieve en estas zonas montañosas, o a bióticos como la presencia de parásitos, depredadores, interacciones inter e intraespecíficas, etc. (Martínez - Padilla, 2021).

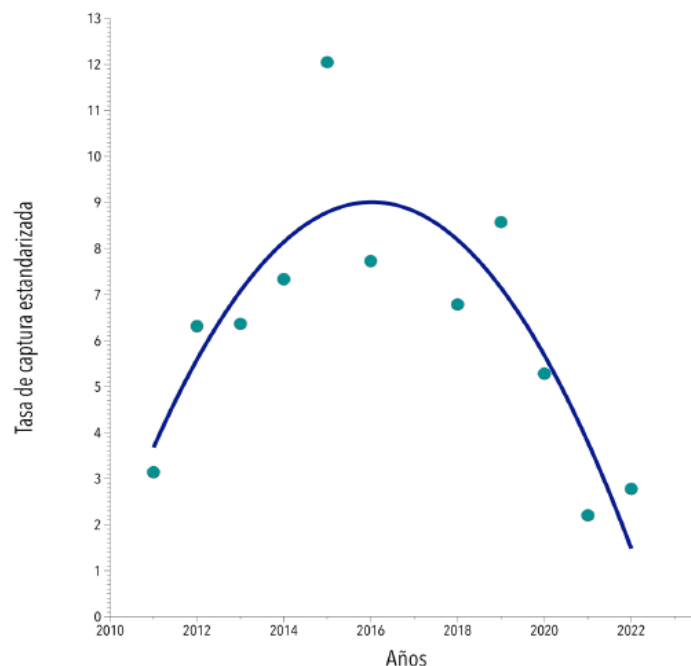


Figura 2. Tendencia poblacional del topillo nival en el PNOMP considerando el período de tiempo desde 2011 a 2022. La tasa de capturas está estandarizada a número de capturas individuales por el esfuerzo de muestreo (número de trampas y día) multiplicado por 100 (Martínez - Padilla, 2021).

De cara a este estudio, además de estudiar las poblaciones de topillo nival, se centrarán los esfuerzos de tratamiento de datos en la garduña. Este mesocarnívoro es el principal depredador de este topillo, por lo que se pretende averiguar si la actividad y abundancia de la garduña podría tener repercusión en sus poblaciones y dinámicas, puesto que se trata de una especie distribuida por prácticamente la totalidad de la península, por lo que coincide en el hábitat con el topillo nival (figura 3) (SECEM, 2023).

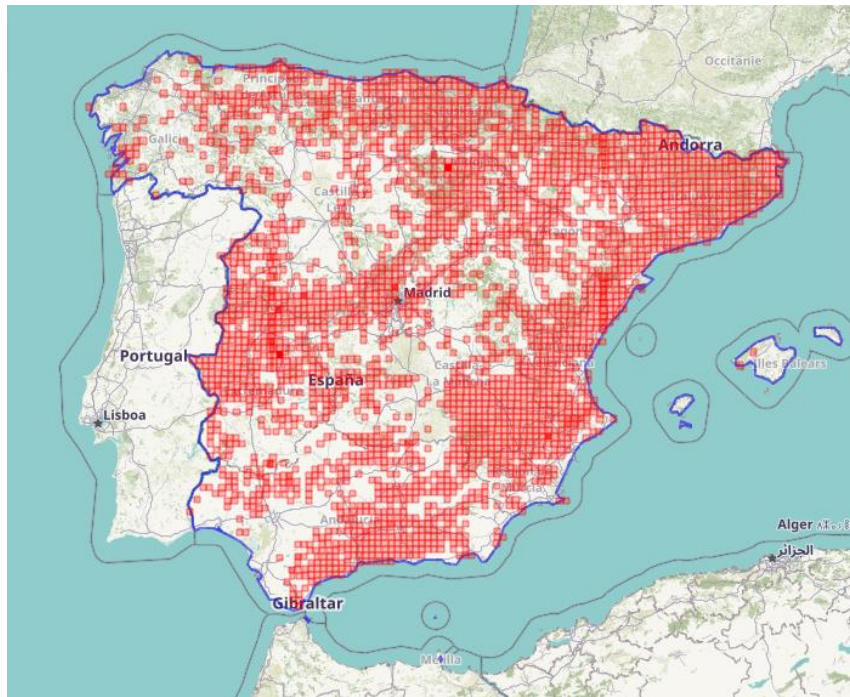


Figura 3. Distribución espacial de la garduña en España (SECEM, 2023).

### 1.1.2. Monitorización

Todo el trabajo de campo citado con anterioridad (captura de topillos nivales y cámaras de fototrampeo) es llevado a cabo por el personal de IPE y por el equipo de seguimiento de biodiversidad del PNOMP perteneciente a SARGA.

Para realizarlo se instalaron un total de 20 trampas Sherman para la captura de ejemplares de topillo en las gleras de determinadas zonas del PNOMP (figura 4), que vendrán descritas posteriormente. En dichas trampas se colocó un trozo de algodón hidrófobo, un trozo de manzana y un trozo de pan untado con mezcla de alpiste *Phalaris canariensis* y mantequilla de cacahuete *Arachis hypogaea* o una porción de mezcla de harina *Triticum* sp., aceite y atún *Thunnus* sp., todo ello a fin de atraer a la especie de estudio. Todas estas trampas se colocaron por la mañana y se revisaron al amanecer del día siguiente, retirando todas las trampas de las gleras en las que se habían capturado al menos un individuo (figura 5) y dejando las vacías hasta la mañana siguiente, que se retiraban independientemente de si había capturas o no. Con ello, se anotó el número de individuos capturados, así como medidas básicas morfológicas, determinación del sexo, edad y peso.



Figura 4 y 5. Captura de topillo nival (4) con trampa Sherman (5) (Martínez – Padilla, 2021)

Además, se colocaron cámaras de fototrampeo para detectar especies depredadoras del topillo nival en 5 estaciones en diferentes puntos del parque. En cada una de estas estaciones se emplearon dos métodos de captura (tratamiento) para atraer a los diferentes mesocarnívoros de la zona. Por un lado, se empleó una alita de pollo como cebo junto a la cámara trampa y, por otro, sardinas en aceite (figuras 6 y 7). Estas cámaras permanecieron puestas 30 días en total en un periodo de primavera (mayo - junio) y otro de otoño (septiembre - octubre - noviembre), el cual coincide con las fechas de colocación de las trampas para el topillo nival.

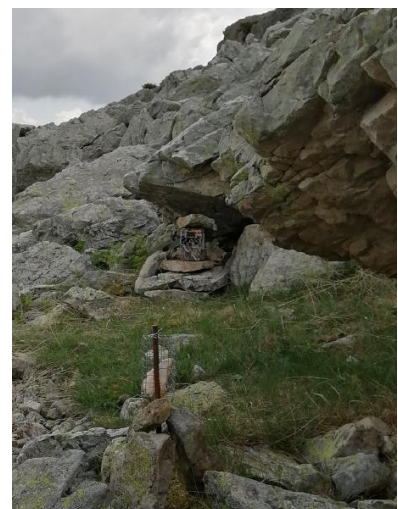


Figura 6 y 7. Cámaras de fototrampeo (Martínez - Padilla, 2021).

## 1.2. Justificación

El presente trabajo viene enmarcado dentro del proyecto de investigación “Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad aragonesa. Estudio del efecto de los cambios de temperatura y precipitación en la dinámica poblacional y condición individual de un micromamífero de alta montaña junto a su diversidad de patógenos”, cuyo investigador principal es Jesús Martínez-Padilla, del IPE. Este proyecto se basa en la determinación del impacto del cambio global sobre la dinámica poblacional de algunas especies animales, todo ello para poder detectar los motivos puntuales de los cambios en esas poblaciones y poder asegurar su viabilidad. Este es el caso del topillo nival, cuyas tendencias poblacionales regresivas (Martínez - Padilla, 2021) se ven afectadas por la innivación, principalmente en poblaciones localizadas en altitudes más bajas.

Este proyecto es realizado por el IPE, financiado por el Gobierno de Aragón, SARGA y en colaboración con el Gobierno de Navarra a fin de determinar esos cambios y tendencias poblaciones y poder definir unos patrones de actividad diaria tanto de la especie presa (topillo nival) como de sus depredadores (Martínez - Padilla, 2021).

Con este trabajo se pretende cumplir, en concreto, con dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por un lado, el ODS 13 relativo a la acción por el clima. Se enmarca en este estudio dado que es parte de una investigación centrada en las afecciones que el cambio climático genera sobre las poblaciones de topillo nival, por lo que es conveniente analizar esas causas y consecuencias y, así, poder concienciar de lo grave que pueden llegar a ser. Por otro lado, el ODS 15, sobre vida de ecosistemas terrestres, es también importante dado que las zonas alpinas y subalpinas del PNOMP son áreas poco estudiadas en relación a otras zonas donde existen estudios más detallados. Estas zonas más rocosas, concretamente el hábitat del topillo (gleras), son zonas de más difícil acceso por su características geológicas y altitudinales que son limitantes a la hora de llevar a cabo menos trabajos de investigación.

## 1.3. Objetivos

El objetivo general en el que se enmarca este estudio se centra en analizar los patrones de actividad diaria de dos mesomamíferos que comparten el hábitat del topillo nival, la garduña y la marmota alpina, esta como especie control. La marmota se utiliza como especie control al no tratarse de la especie central del estudio, de manera que se obtienen muchos más datos cuyos modelos se pueden considerar biológicamente creíbles y correctos y, de esta manera, se pueden aplicar a otras especies, en este caso, la garduña.

En cuanto a los objetivos específicos, se pretende analizar y determinar las posibles diferencias entre los métodos de trampeo (tratamientos), estaciones y localizaciones, determinar la riqueza y abundancia de las especies detectadas, establecer diferencias de patrones de actividad estacionales entre primavera y otoño y determinar el grado de solapamiento entre los patrones de actividades de los potenciales depredadores del topillo nival y el roedor.

## 2. Área de estudio

El estudio se ha desarrollado en diferentes puntos del PNOMP, ubicado en la vertiente sur de los Pirineos centrales (provincia de Huesca, Aragón, España). Se trata del segundo Parque Nacional más antiguo de España, declarado como tal en 1918 con el nombre de Parque Nacional del Valle de Ordesa o del río Ara, a través del Real Decreto de 16 de agosto de 1918. Está regulado por el Plan Rector de Uso y Gestión del PNOMP y consta de una superficie total de 15.696,20 ha (MITECO, 2023).

El PNOMP forma parte de la Zona de Especial Protección para Aves (ZEPA) de Ordesa y Monte Perdido, la Reserva de la Biosfera de Ordesa - Viñamala (declarada en 1977) y del Geoparque del Sobrarbe, reconocido por la UNESCO. Posee el Diploma del Consejo de Europa a la Conservación y es Patrimonio Mundial de la UNESCO (1997) (IGN, 2023; MITECO, 2023).

Cuenta con la montaña caliza más alta de Europa, el macizo de Monte Perdido (3.355m) y con uno de los últimos glaciares de la península. Además, está formado por los valles de Ordesa, Añisclo, Escuaín y Pineta. Estas formaciones geológicas, junto con los circos y fenómenos kársticos como las gargantas y cañones, conforman el paisaje que ha ido desarrollando el parque hasta ahora (IGN, 2023).

La vegetación dominante en el PNOMP son los pastizales alpinos y subalpinos y bosques de haya *Fagus sylvatica*, abeto *Abies alba* y pino silvestres *Pinus sylvestris* y negros *Pinus uncinata*, albergando una gran variedad de comunidades vegetales diferentes, dado el amplio rango altitudinal y la variedad de microclimas (IGN, 2023).

La fauna que alberga el parque también es muy variada, desde aves que dominan altitudes elevadas como chovas piquigualdas *Pyrrhocorax graculus* o el gorrión alpino *Montifringilla nivalis* y el emblemático quebrantahuesos *Gypaetus barbatus*, hasta mamíferos que ocupan zonas casi siempre nevadas como el sarrío *Rupicapra p. pyrenaica*, la marmota alpina, o el topillo nival (IGN, 2023).

Históricamente, el principal uso del suelo en el Pirineo ha sido la ganadería, aprovechando los verdes pastos de los puertos de cabecera de los valles (1300 - 2200 m de altitud) siguiendo movimientos trashumantes según las estaciones. Hoy en día el Parque Nacional sigue fomentando la ganadería ovina extensiva y vacuna en semiextensivo (IGN, 2023).

De todo este extenso parque, el estudio se centra en zonas comprendidas en el gradiente altitudinal de entre 1400 y 2400 m, hábitat principal del topillo nival (Martínez-Padilla, 2021). Predominando zonas de pendiente en morrenas, donde se encuentran los ecosistemas principales de este roedor. Estas áreas se caracterizan por tener un sustrato rocoso de piedra suelta y estar rodeadas de vegetación alpina (herbácea), necesaria para la alimentación de la especie objeto de este estudio. Este es el principal motivo de realizar los muestreos en estos puntos, por la escasez de trabajos de investigación en zonas alpinas y subalpinas más extremas y por la importancia de comprender la dinámica poblacional de ciertas especies. Por ello, la dinámica de poblaciones de especies como estas podrían ser centinelas de posibles efectos del cambio global, bien sea climático o de hábitat, en las zonas alpinas.

Se dispusieron 20 áreas de captura de topillos con trampas (tabla 3; figura 6) entre los años 2011 y 2022 y 6 localizaciones para cámaras de fototrampeo puestas y recogidas en primavera y en otoño del año 2022 (figura 8; tabla 1).

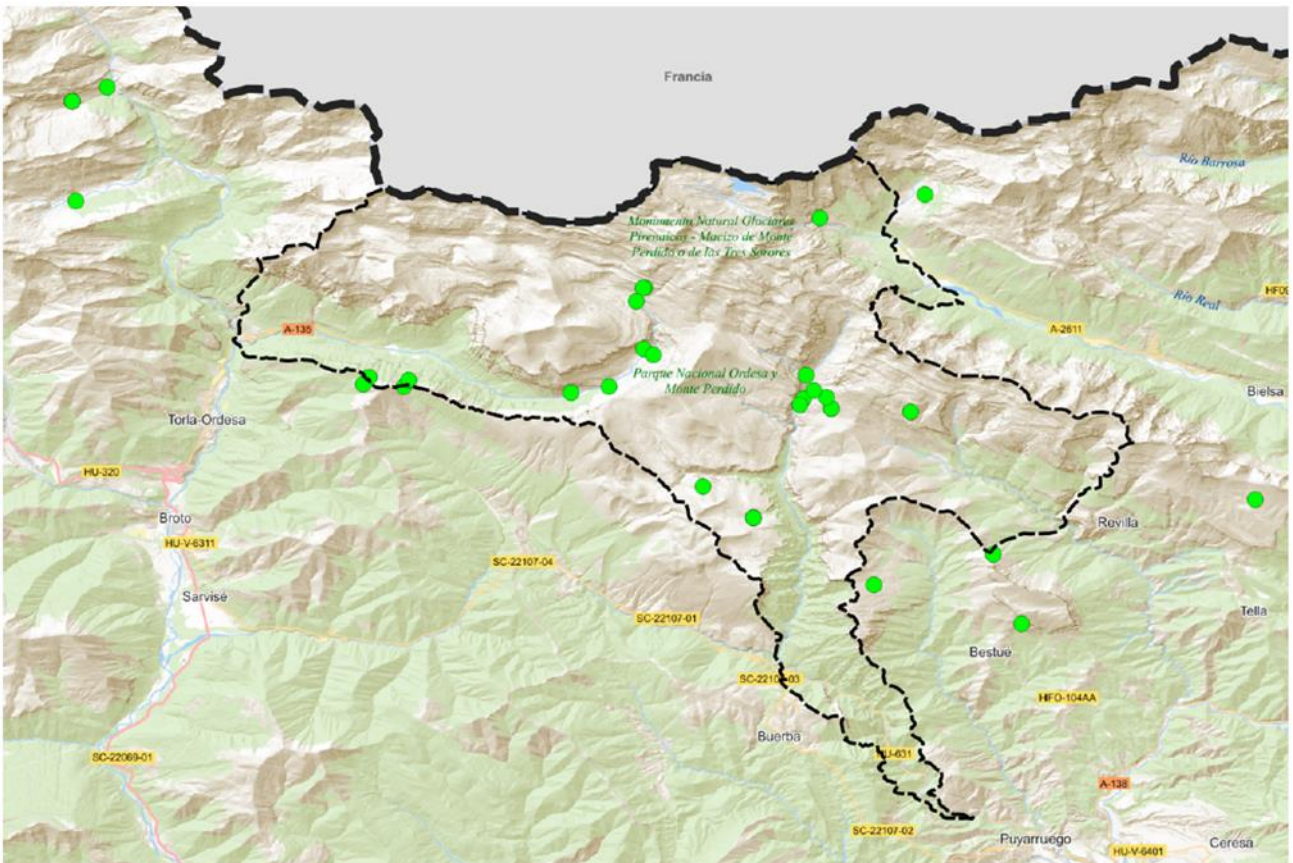


Figura 8. Localización de las áreas de captura de topillos nivales con trampa.

Localización	Coordenada X ETRS80_30N	Coordenada Y ETRS89_30N	Altitud (m)
A Cárquera 0	741359	4724831	2160
As Carriatas 0	751341	4724502	1975
As Carriatas 1	751341	4724502	1975
As Carriatas 2	751215	4724850	2029
Cascadas Cinca 0	750851	4730491	1647
Castillo Mayor 0	756014	4717869	1532
Cuello Raton 0	755275	4720037	1667
Diazas Punta Acuta 0	740546	4725106	2113
Foradiello 0	750683	4724787	1615
Foratata 0	753190	4724461	2117
Foratiello 0	750608	4724584	1600
Frente Grallera 0	750911	4725048	1652
Fuen Blanca 0	750710	472553	1670
Góriz 1	746863	4728147	2288
Góriz 2	746821	4728150	2274
Góriz 3	746678	4727712	2090
La Larri 0	753269	4731331	1617
La Plana 0	761272	472199	1946
O Tito 0	741468	4725049	2090
Ordiso 0	733356	4733533	1765
Ordiso 1	733356	4733533	1765
Ordiso 2	733356	4733533	1765
Os Chiguerres 0	745271	4724785	1673
Punta Acuta 0	740425	4724881	2084
Ripales 0	748441	4721935	1920
Sabarils 0	749641	4720991	1828
Sabarils 1	749641	4720991	1828
Sabarils 2	749641	472099	1828
Sestrales 0	75253	4718980	1743
Soaso 1	746902	4726229	1769
Soaso 2	747133	4726035	1759
Soaso 3	746143	4725008	1738
Vado de Ordiso 0	734152	4734006	1612
Valle de Otal 0	733545	4730435	1615

Tabla 1. Áreas de captura de topillo nival a partir de trampas. Donde los índices finales de cada localización indican diferentes parcelas dentro de cada área.

Localización	Coordenada X ETRS80_30N	Coordenada Y ETRS89_30N	Altitud (m)
A Cárquera	741359	4724831	1860
Foradiello	750683.857	4724787.094	1615
Fuen Blanca	750710.9715	4725533.939	1672
Góriz 1	746863.7557	4728147.738	2285
Punta Acuta	740425	4724881	2027
Sabarils 2	749641.2154	4720991.18	1830

Tabla 2. Áreas de fototrampeo.

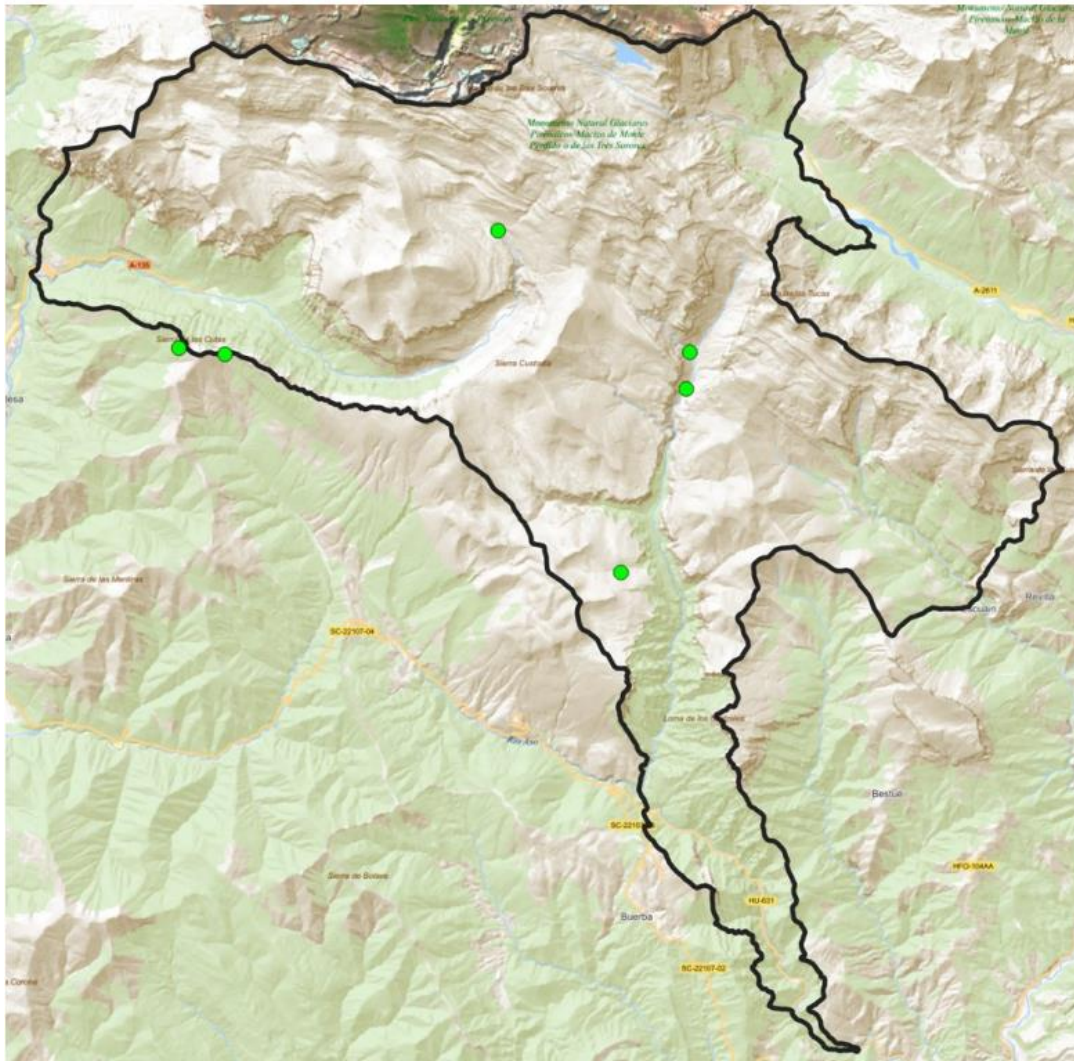


Figura 9. Distribución de las estaciones de fototrampeo.



### 3. Material y métodos

Una vez recopilados los resultados de los ejemplares captados en las cámaras de fototrampeo en una base de datos por parte del personal del IPE, se procede a hacer el tratamiento de los mismos. Se comienza por elaborar una serie de gráficas y tablas para obtener una visión global y general de la riqueza y abundancia de las especies detectadas, todo ello empleando diferentes hojas Excel.

A continuación, se realiza el análisis estadístico con el programa R (R Core Team, 2023) de los datos correspondientes a primavera y otoño a través de la función *compareCkern* del paquete de *R activity* (v4.3.1; Rowcliffe M 2023) para obtener los patrones de actividad diaria del topillo nival y de los mesomamíferos que habitan en torno a sus colonias (Farizo *et al.*, 2022).

Además del tratamiento estadístico, para poder elaborar todo el trabajo de investigación y tener unas nociones sólidas sobre el parque y las interacciones que se dan en él, se lleva a cabo una búsqueda bibliográfica de documentación de interés tanto en formato físico, a través de libros disponibles en la Biblioteca de la Escuela Politécnica Superior de Huesca, como en formato digital haciendo uso de palabras clave. Para ello se emplean buscadores académicos como Dialnet o Google Académico y el metabuscador Alcorze.

#### 3.1. Tratamiento estadístico de los datos

Para poder realizar el tratamiento estadístico de los datos obtenidos, primero se procede a transformar los datos de la fecha a formato “año/mes/día” y la hora a “hora/minuto/segundo”. A continuación, se convierten las variables de tiempo a radianes para poder tener una unidad comparable, todo ello, así como lo que se explica a continuación, se lleva a cabo a través del programa RStudio (Posit team, 2023).

Se realizan diferentes diagramas de actividad, que son calculados en base a la acumulación de observaciones a lo largo del día. Estas inferencias producen unas estimaciones de densidad de observaciones de las especies de principal interés, que son, en este caso, la garduña, el topillo nival y, la marmota a lo largo de las 24h del día. Se hace lo mismo nuevamente pero filtrando por fecha distinguiendo entre otoño y primavera para cada una de las tres especies. Y, finalmente, se realiza un gráfico de densidad de solapamiento de la presencia de garduña y topillo nival simultáneamente.

A continuación, se filtran los datos para obtener una nueva columna donde se agrupe cada especie en mamífero, ave o reptil. Hecho esto, se realizan diferentes modelos lineales generales con distribución de Poisson. Se realizan dos modelos, donde se considera la abundancia o riqueza de especies como variables dependientes y, por otro lado, como variables explicativas en modelos diferentes. En ambos modelos se usan como variables explicativas el tratamiento (pollo o sardina), la estación (primavera u otoño) y la localización. Es decir, se intenta averiguar si, estadísticamente, la abundancia de esos animales viene determinada por una de estas tres variables. Todo esto puede comprobarse también realizando diferentes test ANOVA o análisis de varianza. En ambos casos el resultado viene interpretado por el valor de  $p$ , que indica la relación de significancia. Si  $p > 0.05$ , no hay una relación estadísticamente significativa entre la variable explicativa y la dependiente.

Para poder analizar de mejor forma la influencia del tratamiento, la estación y la localización, se crean tres bases de datos diferentes, una para cada una de las especies seleccionadas anteriormente como de mayor interés (garduña, topillo nival y marmota). Se vuelve a hacer lo mismo, pero en general con todos los individuos muestreados a fin de representar la riqueza según esas tres variables.

## 4. Resultados

### 4.1. Patrones de actividad diaria

Todos los histogramas obtenidos constan de un eje X donde viene representado el tiempo en radianes (donde 0 corresponde a las 00:00h, en adelante) y un eje Y que muestra la densidad de la especie para cada momento del día. Además, se indica el número de observaciones recopiladas en la base de datos (N) y el ancho de banda (*Bandwidth*).

#### 4.1.1. Garduña

La garduña tiene un patrón de actividad diaria unimodal (figura 10). Presenta actividad nocturna, cuya detección más temprana es a las 20:44 h, alargándose, como máximo, hasta las 07:00 h. Lo cual abarca desde el anochecer hasta el amanecer.

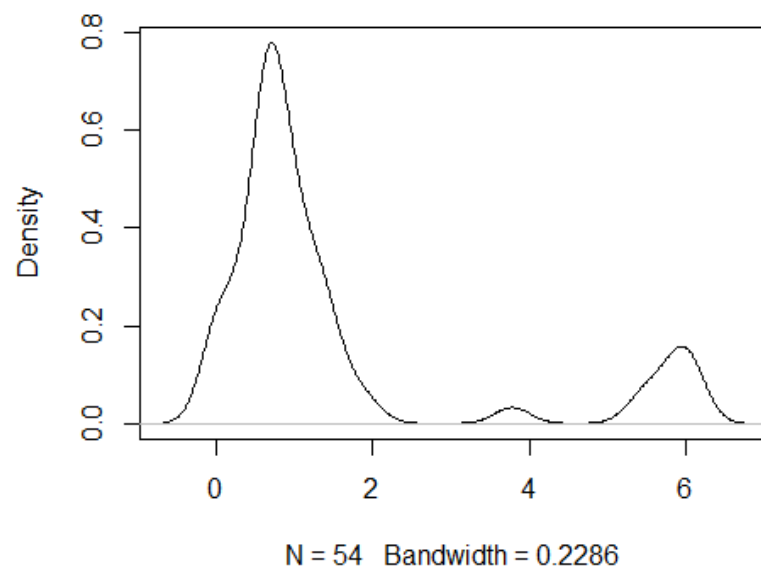


Figura 10. Patrón de actividad diaria de la garduña.

#### 4.1.2. Topillo nival

El topillo nival presenta una actividad diaria bimodal, es decir, tanto diurna como nocturna, coincidiendo las horas de actividad entre las 00:42 h - 05:01 h y las 09:20 h, respectivamente (figura 11). De manera que no abarca horas del amanecer o el atardecer como la mayoría de mamíferos de estas latitudes.

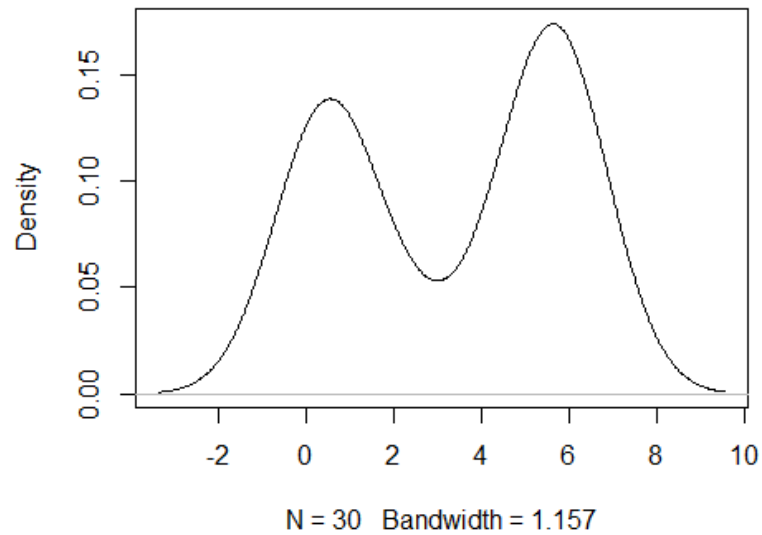


Figura 11. Patrón de actividad diaria del topillo nival.

#### 4.1.3. Marmota alpina

Presenta un pico de actividad claramente diurno, coincidiendo con las horas centrales del día (figura 12). Se detectan marmotas alpinas en horas que van desde las 07:54h hasta las 21:08h.

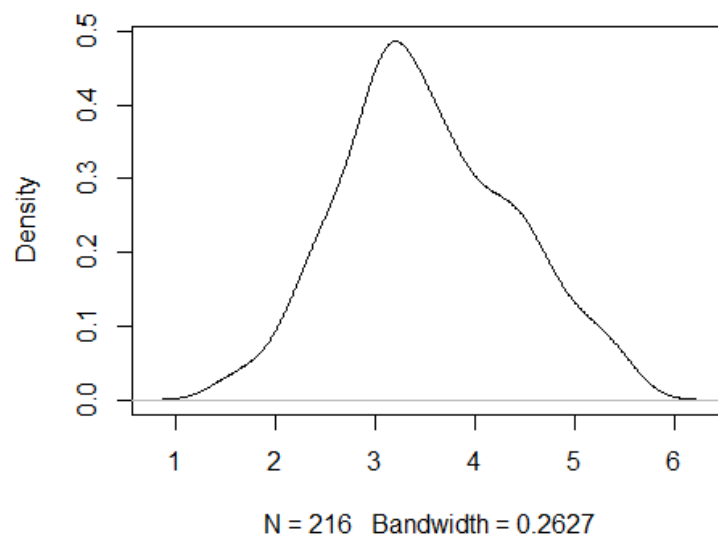


Figura 12. Patrón de actividad diaria de la marmota alpina.

Como se puede comprobar, las tres especies coinciden en a lo largo del día en diferentes momentos. La garduña se solapa con el topillo nival durante las horas de la noche, mientras que la marmota alpina coincide con este pequeño mamífero en las horas principales del día.

## 4.2. Patrones de actividad diaria estacional

### 4.2.1. Garduña

En otoño muestran una actividad prevalentemente nocturna (sólo hay dos detecciones durante las horas de sol, a las 11:12h y a las 12:33h) (figura 13). En cambio, en primavera, las garduñas muestran una actividad bimodal, con picos más pronunciados al amanecer y al atardecer, como se muestra en el histograma (figura 14).

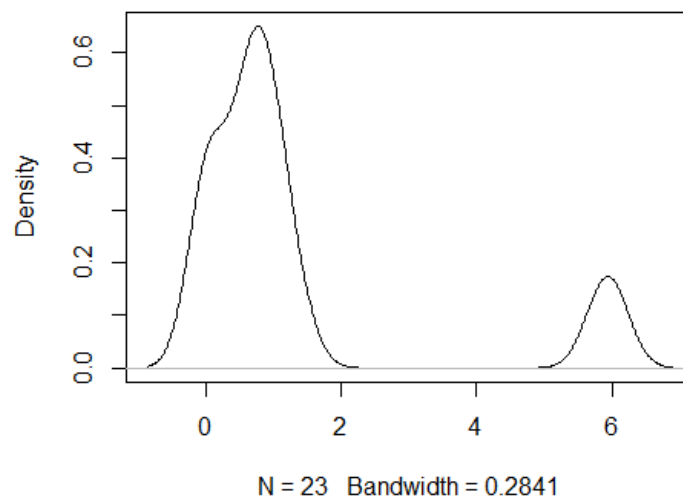


Figura 13. Patrón de actividad otoñal de la garduña.

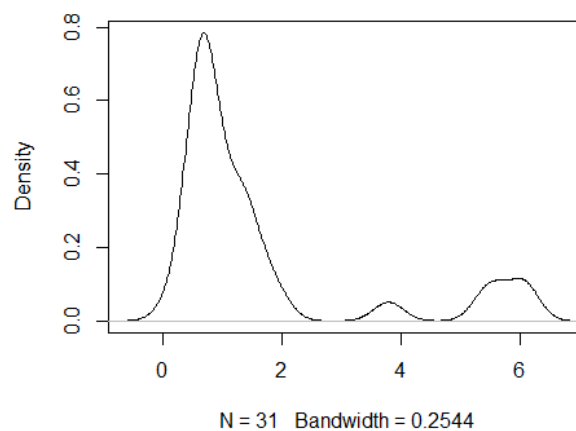


Figura 14. Patrón de actividad primaveral de la garduña.

#### 4.2.2. Topillo nival

Durante la primavera muestran un patrón de actividad unimodal (figura 15), con el pico centrado en las horas de más insolación. Se detectan individuos de topillo nival en cuatro ocasiones durante la noche (00:42h, 02:20h, 04:17h y 05:01h, respectivamente). En otoño no se detecta ningún ejemplar en las cámaras de fototrampeo, por lo que no se puede analizar su patrón de actividad en esta época del año.

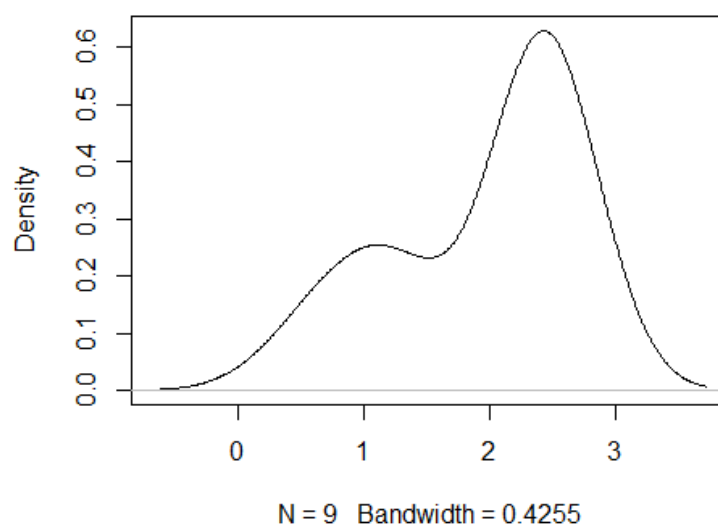


Figura 15. Patrón de actividad primaveral del topillo nival.

#### 4.2.3. Marmota alpina

Las marmotas muestran un patrón de actividad otoñal unimodal (figura 16) en las horas centrales del día y únicamente en el mes de septiembre, no se detectan en octubre ni en noviembre. En primavera, las marmotas muestran un patrón de actividad bimodal con dos picos de actividad equivalentes, uno al amanecer y otro al atardecer, evitando las horas centrales del día (figura 17).

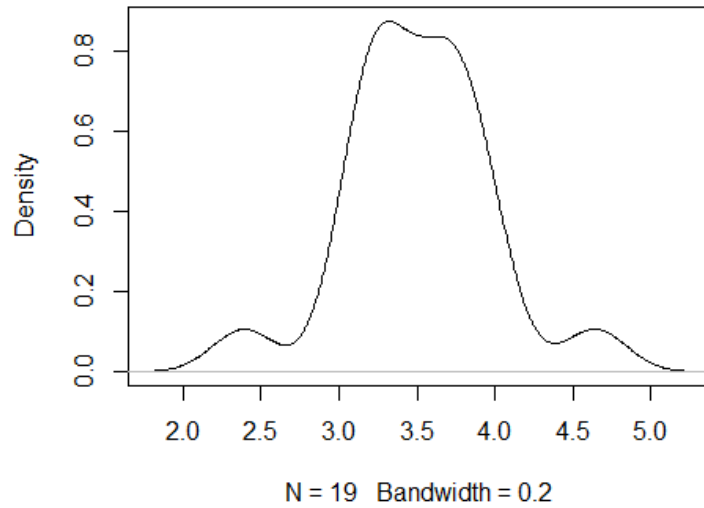


Figura 16. Patrón de actividad estacional de la marmota alpina en otoño.

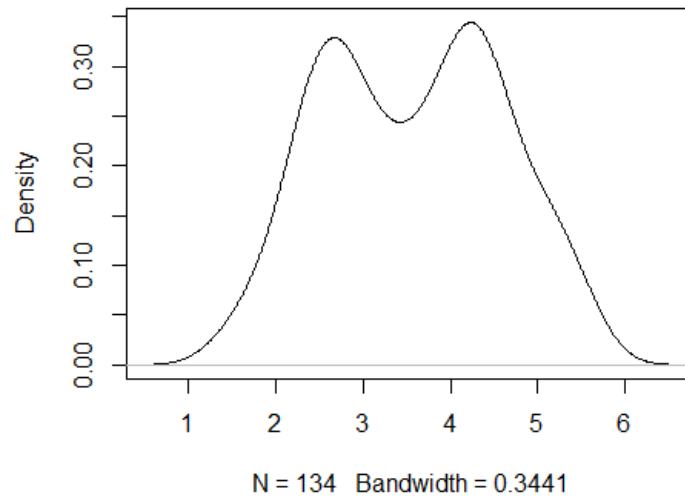


Figura 17. Patrón de actividad primaveral de la marmota alpina.

#### 4.3. Solapamiento en los patrones de actividad diaria de la garduña y el topillo nival

El diagrama de solapamiento indica, en el eje Y la densidad de las dos especies, frente al tiempo en radianes reflejado en el eje X. Se realiza únicamente con los datos de primavera de ambas especies puesto que no existen observaciones del topillo nival en otoño. Muestran una coincidencia en su patrón de actividad anual diurno y nocturno primaveral (figura 18).

Pero cabe mencionar que las observaciones de topillo son muy pocas, por lo que existe un elevado grado de incertidumbre al haber un tamaño muestral tan pequeño.

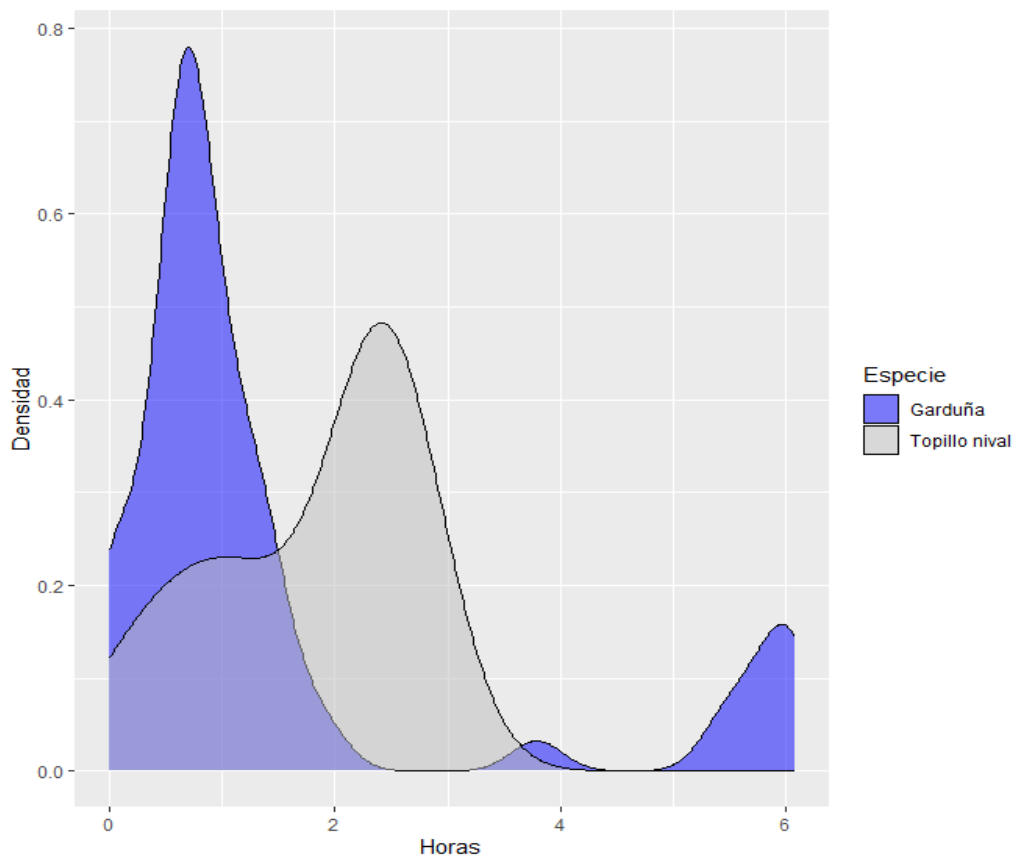


Figura 18. Solapamiento en los patrones de actividad diaria anual de la garduña y el topillo nival.

#### 4.4. Determinación de riqueza y abundancia

Se aplica un modelo establecido en RStudio para comprobar, a través de un análisis de varianza (ANOVA), la riqueza y abundancia de especies en relación a las variables tratamiento, estación y localización con todos los individuos detectados en el fototrampeo.

Este análisis de la varianza para la riqueza de la totalidad de individuos da como resultado que los elementos relacionados con la presencia o ausencia de individuos son la localización y la estación, dando una relación de significancia de 0.043 y 0.024 respectivamente ( $P > 0.05$ ) (tabla 3). Se puede comprobar que existen diferencias en las capturas de individuos en los distintos puntos de fototrampeo (tabla 4).

	LR Chisq	Dr	Pr(>Chisq)
Estación	5.105	1	<b>0.024</b>
Tratamiento	0.249	1	<b>0.617</b>
Localización	11.470	5	<b>0.043</b>

Tabla 3. Análisis de la varianza (ANOVA) para la riqueza en la totalidad de individuos según las variables tratamiento, estación y localización. Donde Pr(>Chisq) equivale a  $P > 0.05$  (Los valores resaltados en la columna Pr(>Chisq) representan el valor p).

	Estimate	EE	Valor Z	Pr (> z )
(intercept)	2.783	0.189	14.707	< 2e-16
Tratamiento Sardina	- 0.073	0.147	- 0.499	<b>0.618</b>
Estación Primavera	- 0.357	0.158	- 2.256	<b>0.024</b>
Localización Foradiello	- 0.474	0.241	- 1.965	<b>0.049</b>
Localización Fuen Blanca	- 0.834	0.304	- 2.743	<b>0.006</b>
Localización Góriz	- 0.333	0.233	- 1.430	<b>0.153</b>
Localización Punta Acuta	- 0.282	0.230	- 1.225	<b>0.221</b>
Localización Sabarils	- 0.006	0.261	- 0.024	<b>0.981</b>

Tabla 4. Detalle del análisis de la varianza (ANOVA) para la riqueza en la totalidad de individuos según las variables tratamiento, estación y localización. Donde Pr equivale a  $P > 0.05$ . EE: Error estándar (Los valores resaltados en la columna Pr(>|z|) representan el valor p).

En la localización y estación, se muestran valores diferentes de riqueza, destacando Sabarils por encima del resto y una mayor riqueza en otoño (tablas 5 y 6).

Localización	Media	Desviación estándar	Tamaño muestral	EE
A Cárquera	<b>12.667</b>	5.132	3	2.963
Foradiello	<b>8.250</b>	2.500	4	1.250
Fuen Blanca	<b>5.333</b>	2.517	3	1.453
Góriz	<b>9.500</b>	4.655	4	2.327
Punta Acuta	<b>10.250</b>	4.992	4	2.496
Sabarils	<b>15.500</b>	0.707	2	0.500

Tabla 5. Riqueza de especies según la localización (Los valores resaltados en la columna "Media" representa el valor medio de riqueza de individuos).

Estación	Media	Desviación estándar	Tamaño muestral	EE
Otoño	<b>11.9</b>	3.479	10	1.100
Primavera	<b>7.7</b>	4.448	10	1.407

Tabla 6. Riqueza de especies según la estación ((Los valores resaltados en la columna "Media" representa el valor medio de riqueza de individuos).



En cuanto al análisis de la varianza (ANOVA) de la abundancia para la totalidad de individuos según tratamiento, localización y estación, da como resultado una relación de significancia únicamente en la localización (tabla 7). Se realiza el desglose del análisis para observar detalladamente las diferencias dentro de cada variable (tabla 8).

	LR Chisq	Dr	Pr(>Chisq)
Estación	0.044	1	<b>0.833</b>
Tratamiento	0.042	1	<b>0.838</b>
Localización	10.859	5	<b>0.054</b>

Tabla 7. Análisis de la varianza (ANOVA) para la abundancia de especies según la estación, tratamiento y localización (Los valores resaltados en la columna Pr(>Chisq) representan el valor p).

	Estimate	EE	Valor Z	Pr (> z )
(intercept)	0.253	0.055	4.560	< <b>0.001</b>
Tratamiento Sardina	- 0.013	0.061	- 0.205	<b>0.838</b>
Estación primavera	- 0.014	0.067	- 0.210	<b>0.833</b>
Localización Foradiello	- 0.241	0.090	- 2.676	<b>0.007</b>
Localización Fuen Blanca	- 0.236	0.126	- 1.877	<b>0.061</b>
Localización Góriz	- 0.213	0.096	- 2.230	<b>0.026</b>
Localización Punta Acuta	- 0.229	0.080	- 2.860	<b>0.004</b>
Localización Sabarils	- 0.202	0.089	- 2.271	<b>0.023</b>

Tabla 8. Detalle del análisis de la varianza (ANOVA) para la abundancia de especies según la estación, tratamiento y localización (Los valores resaltados en la columna Pr(>|z|) representan el valor p).

A continuación, se representan los datos obtenidos en RStudio al realizar las nuevas bases de datos con la suma de individuos detectados en las imágenes de las cámaras de fototrampeo para las diferentes especies de estudio en función de la localización, el tratamiento y la estación.

Además, se realiza una prueba ANOVA nuevamente, esta vez a fin de conocer la influencia de las tres variables en los individuos capturados de cada especie.

#### 4.4.1. Garduña

La diferencia de abundancia entre localidades es marginalmente significativa, estadísticamente hablando, la localización es la única variable que podría explicar que haya más o menos observaciones de garduñas, es decir, existen diferencias entre las localidades, puesto que el valor de p es cercano a la significación ( $< 0.05$ ). Por otro lado, la variable estacional de la garduña resulta no ser relevante, al igual que el tratamiento, es indiferente el uso de un cebo y otro para el caso de la garduña, las capturas terminan siendo similares (tablas 7 y 8).

Localización	Otoño pollo	Otoño sardina	Primavera pollo	Primavera sardina	Total
A Cárquera	1	0	7	1	9
Foradiello	3	6	5	5	19
Góriz	1	1	0	1	3
Punta Acuta	13	3	0	0	6
Sabarils	2	4	0	0	6
Fuen Blanca	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>44</b>

Tabla 9. Abundancia de la garduña según localización, tratamiento y estación.

	LR Chisq	Dr	Pr(>Chisq)
Estación	0.828	1	0.363
Tratamiento	0.000	1	0.986
<b>Localización</b>	<b>10.581</b>	<b>5</b>	<b>0.060</b>

Tabla 10. Análisis de la varianza (ANOVA) de las variables localización, tratamiento y estación para la abundancia de la especie garduña (El valor resaltado en la columna Pr(>Chisq) representa el valor p).

#### 4.4.2. Topillo nival

Las detecciones de la especie principal de estudio son muy pocas, detectándose más individuos en primavera y en la localidad de Góriz (tabla 9). Para el topillo nival no es posible realizar la prueba de la varianza (ANOVA) puesto que no existe un tamaño muestral suficiente.

Localización	Primavera pollo	Primavera sardina	Total
Góriz	0	4	4
Fuen Blanca	1	0	1
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Tabla 11. Abundancia del topillo nival según localización, tratamiento y estación.

#### 4.4.3. Marmota alpina

Existe un efecto significativo de la estación, el tratamiento y la localización. Están más presentes en primavera, son más atraídas por el cebo de pollo en ambas estaciones del año y tienen una mayor abundancia en localidades más elevadas (tabla 12). Todo ello se puede corroborar en el test de varianza posterior (tabla 13), resultando las tres variables significativas.

Localización	Otoño pollo	Otoño sardina	Primavera pollo	Primavera sardina	Total
A Cárquera	0	0	2	7	9
Góriz	1	2	52	7	62
Punta Acuta	27	16	10	0	53
Fuen Blanca	0	0	25	15	40
Total	28	18	89	29	164

Tabla 12. Abundancia de la marmota alpina según localización, tratamiento y estación.

	LR Chisq	Dr	Pr(>Chisq)
Estación	10.084	1	<b>0.001</b>
Tratamiento	13.198	1	<b>&lt; 0.001</b>
Localización	29.594	3	<b>&lt; 0.001</b>

Tabla 13. Análisis de la varianza (ANOVA) de las variables localización, tratamiento y estación para la especie marmota alpina (Los valores resaltados en la columna Pr(>Chisq) representan el valor p).

#### 4.4.4. Abundancia de especies

En términos generales, se detectan más individuos en los meses de otoño y atraídos por el tratamiento de pollo. También puede comprobarse que la mayoría de las detecciones se dan en la localidad de Punta Acuta (tabla 12).

Localización	Otoño pollo	Otoño sardina	Primavera pollo	Primavera sardina	Total
A Cárquera	327	0	81	21	429
Foradiello	160	227	14	0	401
Góriz	52	73	70	16	211
Punta Acuta	213	117	140	0	475
Sabarils	101	235	0	0	336
Fuen Blanca	0	42	37	35	114
Tota	853	694	342	77	1966

Tabla 14. Abundancia de todas las especies resultantes del muestreo.

## 5. Discusión

La garduña es un mustélido con actividad principalmente nocturna. Se trata de un animal cosmopolita, pues se adapta a prácticamente cualquier hábitat, desde zonas montañosas, como es el caso de las zonas alpinas y subalpinas del muestreo del presente trabajo, a bosques o a mesetas subdesérticas (Mangas, 2017). Su patrón de actividad obtenido en los resultados se caracteriza por tener un claro pico durante la noche, lo que coincide con su descripción teórica.

Durante los meses de otoño, su actividad es fundamentalmente unimodal, sólo es detectada durante las noches. En cambio, en primavera las garduñas tienden a comenzar su actividad unas horas antes del anochecer hasta poco después del amanecer (Mangas, 2017), es decir, pueden ser captadas en horas de luz, tal y como resulta ser su patrón de actividad diaria primaveral obtenido en este estudio. Este cambio en la actividad se puede deber a que las noches son más cortas.

A su vez, el topillo nival es una especie con actividad diaria bimodal, lo que hace que coincida en tiempo y espacio con la garduña en su actividad nocturna. Esto hace pensar que la presencia de este animal, que es su principal depredador, pueda influir en la dinámica poblacional del topillo nival.

Concretamente durante la primavera, el topillo nival centra su actividad en horas de sol con menos apariciones durante la noche, según el estudio realizado. Probablemente por el mismo motivo que en el caso de las garduñas, por el acortamiento de las noches. En otoño no se detecta ningún individuo de esta especie, quizás por su ciclo reproductivo, que comienza en mayo y puede durar hasta mediados de agosto o incluso septiembre, aproximadamente (Piñeiro, 2017), lo que puede influir en que en primavera tengan más actividad para reproducirse y en otoño, dadas las condiciones climáticas adversas, permanezcan menos activos, por lo que es más difícil detectarlos.

La marmota alpina es un animal diurno e hibernante, que habita pastos supraforestales alpinos o subalpinos. Según los estudios, durante sus periodos de actividad, es decir, en primavera y a principios del otoño (el resto del año permanecen hibernando), su movimiento diario resulta ser unimodal. Mientras que en verano es bimodal, centrándose la actividad en las primeras horas del día y a media tarde (Herrero *et al.*, 1994).

Según los resultados obtenidos en este trabajo, se puede corroborar la actividad unimodal otoñal de la marmota alpina, mientras que para la primavera se obtiene un patrón de actividad tanto diurno como nocturno, es decir, como teóricamente sería en verano. Esto se puede deber a que la salida del periodo de hibernación puede variar en función de la altura y la orientación de la zona en la que se encuentren (Herrero *et al.*, 1994). Además, podría achacarse al cambio climático, ya que, según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), uno de los principales rasgos del cambio climático que se está viendo en España es el alargamiento de los veranos, adelantándose casi cinco semanas desde los años 70 del siglo pasado (MITECO – AEMET, 2019), lo que podría provocar el acortamiento del periodo de hibernación de animales como la marmota. El hecho de que en otoño sus detecciones correspondan únicamente al mes de septiembre se debe a que las marmotas comienzan la hibernación a finales de octubre (García – González *et al.*, 2014).

El diagrama de solapamiento demuestra la coincidencia entre la garduña y el topillo nival durante las principales horas de la noche, lo cual implica que la garduña podría tener una influencia muy marcada en las poblaciones del micrótido.

A pesar de los resultados, hay que tener en cuenta que el tamaño muestral de observaciones del topillo nival es muy reducido, con total carencia de datos en los meses de otoño. No obstante, los resultados obtenidos encajan perfectamente en el marco de actividad del topillo nival anteriormente descrito, por tanto, se asumen como fiables y creíbles. Aunque con una mayor cantidad de datos se podría afinar mucho más el patrón de actividad diaria de la especie en las zonas muestreadas, no diferiría mucho de estos resultados. Por lo que, aunque la estación otoñal quede sin analizar, se intuye que también habría solapamiento.

En relación a ello, se ha de tener en cuenta la diferencia de escala en los histogramas de los patrones de actividad individuales de las especies. El diagrama del topillo nival tiene un ancho de banda de 1.157, mucho más elevado que el de la garduña (0.2286) o el de la marmota (0.2627). El ancho de banda (*bandwidth*) es un parámetro que controla la suavidad de la curva de densidad (R Charts, 2023), cuanto más pequeño sea, más detallada se representa la información. Por tanto, el hecho de que los resultados del topillo no sean tan detallados coincide con el pequeño tamaño muestral.

El análisis de varianza realizado para la riqueza de la totalidad de los datos del muestreo explica que de las tres variables seleccionadas, solamente la estación y la localización influyen en la detección de los individuos, es decir, para hacer un estudio similar, se podría utilizar un cebo u otro de forma indiferente. Mientras que la estación del año y el punto de muestreo influirían en los resultados.

Teniendo en cuenta la influencia de estas dos variables, se puede comprobar que en otoño la riqueza de especies es más elevada que en primavera y que, respecto a las diferentes localidades, se obtiene un valor mayor en los puntos de Sabarils y A Cárquera, respectivamente. Probablemente debido a que estos dos puntos se encuentran en un rango medio de altitud, por este motivo se podría pensar que son las zonas con más riqueza de especies. Las gleras se caracterizan por tener pendientes pronunciadas en piso alpino y subalpino, con una cubierta de rocas y piedras que protege los suelos y una alta inestabilidad del mismo que hace que apenas haya cubierta vegetal (Marinas, 2023), de manera que no cualquier especie puede adaptarse a este tipo de ecosistemas sumados a altitudes elevadas (ecosistemas arduos, con gran cubierta de nieve en invierno y temperaturas extremas).

Para la determinación de la abundancia de especies, es indiferente la estación del año en la que realizar el estudio y el tratamiento a emplear, mientras que la localización sigue siendo el factor determinante, puesto que todas las localidades de muestreo tienen un valor estadísticamente significativo.

En el caso de la garduña se puede comprobar que la estacionalidad no es un aspecto relevante para determinar su abundancia, a pesar de tener pequeñas variaciones de actividad diaria, en general es fácilmente detectable en cualquier época del año. Lo mismo ocurre con el tratamiento, se ve igualmente atraída por el pollo que por la sardina. En cambio, la localización resulta relevante a la hora de determinar la abundancia de esta especie, siendo el punto de mayor número de detecciones es Foradiello (la localidad de menor altitud de todas con 1615 m), y el de menor observaciones, Fuen Blanca (1672 m), seguido de Góriz (2285 m). Teniendo en cuenta que la garduña en el Pirineo alcanza los 2000 m de altitud (Mangas, 2017), los resultados cuadran totalmente.

El tamaño muestral del topillo nival es muy reducido, de manera que no es posible realizar el análisis de varianza para determinar la significancia de las tres variables que se han venido estudiando hasta el momento. La determinación de la abundancia demuestra que, puesto que es una especie que habita en zonas de alta montaña (Piñeiro, 2017), se detectan más individuos en la localidad de Góriz, que es la más elevada de todas las estudiadas. Además, el hecho de que no se registre ninguna observación en otoño podría deberse a que su actividad sexual comienza tras el deshielo, en primavera, mientras que el resto del año podría tener menos movimiento. Que se detecten pocos individuos demuestra la tendencia poblacional regresiva que lleva sufriendo el topillo nival desde el año 2015 (Martínez- Padilla, 2021), dado el carácter insular de su hábitat y la vulnerabilidad que esto conlleva frente a los efectos del cambio climático por la pérdida de la cobertura de nieve y el aumento de la temperatura en el interior de sus guaridas. Este aumento en las temperaturas también puede llevar a fenómenos de competencia y depredación sobre el topillo nival, ya que otras especies podrían ocupar sus hábitats al no tener temperaturas tan severas a esa altitud. Otro aspecto importante es el cambio en los usos del suelo, pues la pérdida de pastoreo y el abandono de los campos está llevando a la matorralización de muchas zonas del PNOMP, lo cual, a su vez, lleva de nuevo a la invasión de su hábitat por otras especies más adaptadas a entornos forestales (Villagrasa Ferrer, 2019).

Además, las condiciones medioambientales alpinas pueden imponer límites a parámetros reproductivos como el número de crías por camada. A pesar de que se conoce poco sobre el apareamiento del topillo nival (Luque-Larena *et al.*, 2004), todos estos aspectos podrían estar influyendo negativamente en la especie.

En cuanto a la marmota alpina, se determina una abundancia considerable en cualquiera de las localizaciones debido a que ocupa áreas que varían entre los 1300 – 2800 m de altitud en el Pirineo, de hecho sorprende que no se haya registrado ninguna imagen en Sabarils, que se encuentra igualmente en el rango altitudinal mencionado. En el análisis estadístico realizado, se obtiene que las tres variables resultan de vital importancia a la hora de muestrear esta especie. La estación es relevante puesto que hasta finales de marzo o principios de abril las marmotas están hibernando. Para el tratamiento, se demuestra que tienen preferencia por el cebo de pollo, a pesar de ser fundamentalmente herbívora, se han dado casos en la marmota alpina de ingesta de carne (Herrero *et al.*, 1994), por lo que no sorprende que se vea atraída por este cebo. La localización es una variable muy significativa por el rango altitudinal de su hábitat mencionado anteriormente en su abundancia.

En general, se puede comprobar que la mayor abundancia de especies de todo este estudio se da en la localidad de Punta Acuta y en otoño, quizás porque las condiciones generales de la zona resultan más variadas y no tan severas como podrían ser en altitudes mucho más elevadas. Además, las especies se ven más atraídas por el cebo de pollo, aunque como se puede comprobar en la tabla 3, el tratamiento no es una variable significativa en este estudio. No obstante, esto se podría deber a que muchos de los roedores que se pueden encontrar en el Pirineo son omnívoros, incluyendo carne en sus dietas. (Vicente Turón, 2018). Además, el cebo de pollo tiene un olor más intenso durante los 30 primeros días en comparación con la sardina (Martínez – Padilla, *comunicación personal*), pero no se obtiene una explicación clara al respecto.

## 6. Conclusiones

Los patrones de actividad diaria de las especies estudiadas en el PNOMP están dentro del marco esperado de actividad descrito teóricamente. La garduña es principalmente nocturna, su patrón de actividad en otoño es claramente unimodal y en primavera bimodal. El topillo nival tiene actividad tanto nocturna como diurna en primavera. La marmota alpina es una especie estrictamente diurna en otoño y con un patrón de actividad bimodal en primavera.

Tanto la garduña como la marmota coinciden en tiempo y espacio con el topillo nival. Pero es la garduña la que puede influir notoriamente en la dinámica poblacional del micrótido al ser uno de sus principales depredadores. La actividad de la garduña y el topillo nival se solapa durante la primavera. La estación de otoño queda sin comprobar por la escasez de datos, pero se puede deducir que también habría solapamiento.

La estación y la localización son las dos únicas variables que influyen en la determinación de la riqueza del muestreo. Se podría emplear cualquier tipo de tratamiento para hacer un estudio similar. Mientras que los meses de otoño son más favorables para obtener mayor cantidad de resultados. Igualmente, la elección de la localización de los puntos de muestreo para determinar la abundancia de las especies es importante al tratarse de zonas alpinas y subalpinas, no todas las especies llegan a habitar en zonas muy elevadas, por lo que el gradiente altitudinal es importante. Se haya una mayor riqueza de especies en altitudes medias dentro de las estudiadas y una diferencia significativa de abundancia dentro de ellas.

Para la abundancia de la garduña la estacionalidad y el tratamiento empleado no son relevantes, se podría utilizar un tipo de cebo u otro indistintamente y cualquier estación del año para hacer un muestreo de esta especie. La localización es una variable significativa en su distribución, según este estudio, se encuentra principalmente en localizaciones que rondan los 1600 – 1670 m de altitud aproximadamente.

El topillo nival tiene una abundancia mayor en la localidad de Góriz (la más elevada de todas), pese a los pocos datos obtenidos, se puede afirmar que la altitud juega un papel importante en la determinación de su abundancia. Factores como el solapamiento con la garduña, el cambio climático y el cambio de usos del suelo podrían influir negativamente en su evolución.

Las tres variables estudiadas son de importancia para la marmota alpina. Es un mamífero muy abundante en todos puntos de muestreo del PNOMP por su amplio rango altitudinal de distribución, siempre a cotas elevadas. La estación en la que se pueden detectar más ejemplares es en otoño porque el resto del año se encuentran hibernando. Además, muestran una clara preferencia por el cebo de pollo.

La abundancia interespecífica de este estudio muestra una concentración de especies en la localidad de Punta Acuta, probablemente por las condiciones menos severas en comparación con otras localizaciones del muestreo de altitudes muy elevadas. La mayor parte de detecciones se concentran en la estación otoñal y usando como cebo el pollo.

## 7. Recomendaciones

En vista de todos los aspectos que pueden afectar al topillo nival derivados del cambio climático y del cambio global en general mencionados con anterioridad, junto el solapamiento en tiempo y espacio con su principal depredador, se deberían dedicar más medios y herramientas para aumentar el número y esfuerzo de muestreo de este tipo de animales, cuyos hábitats son de más difícil acceso. Pues ya se demuestra en este estudio que los datos que se obtienen del topillo nival son escasos, lo que impide obtener resultados y conclusiones totalmente certeras como en las otras especies estudiadas.

## 8. Agradecimiento

Quiero agradecer a mi profesor José Manuel Nicolau Ibarra por la iniciativa de realizar este Trabajo de Fin de Grado con Jesús Martínez-Padilla, pues él nos puso en contacto para empezar a hacer este estudio.

También quiero dar las gracias a mis dos codirectores. A Jesús por darme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo y formar parte de su proyecto “Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad aragonesa. Estudio del efecto de los cambios de temperatura y precipitación en la dinámica poblacional y condición individual de un micromamífero de alta montaña junto a su diversidad de patógenos” para poder realizar mi TFG, así como por su constancia y ayuda, transmitiéndome sus conocimientos a lo largo de todo el proceso. También a mi profesor Juan Herrero por ofrecerse a codirigir mi TFG y por su atención y apoyo en todo momento para poder ir progresando en la elaboración de este proyecto, pero sobre todo por su constancia y paciencia con todas las dudas e inconvenientes que me han ido surgiendo.

De nuevo, me gustaría agradecer a Jesús y a su equipo del IPE por el muestreo realizado y por proporcionarme la información necesaria para poder realizar mi trabajo. También al equipo de SARGA, a Fernando Carmena y María Jarne, partícipes de muchos de los trampeos realizados para este estudio.

Por último, quiero dar las gracias a mi familia, mi pareja y mis amigas y amigos por su constante apoyo incondicional motivándome siempre para seguir adelante tanto con la carrera, como con este último empujón de realizar mi TFG.



## 9. Bibliografía

Álvarez M. O. (2016) Ecología, dinámica de las poblaciones, e interacciones en el ecosistema. Publicaciones Didácticas E – Journal. 72: 170-171. Recuperado de: [https://core.ac.uk/display/235859465?utm\\_source=pdf&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=pdf-decoration-v1](https://core.ac.uk/display/235859465?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1)

Asencio O. J. (2017). Modelo Depredador – Presa de Lotka – Volterra. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna (Santa Cruz de Tenerife), Facultad de Ciencias. Recuperado de: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6217/Modelo%20depredador-presa%20de%20Volterra-Lotka.pdf?sequence=1>

Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. (1999). Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega, S.A., Barcelona pp 397.

Begon M., Townsend C. R., Harper J. L. (2006). Ecology: From Individuals to Ecosystems. Backwell Publishing Ltd, Malden pp Introduction.

Farizo A. B., Gallardo B., Jimenez J. J., Martínez-Padilla J., Sevilla-Callejo M., Benito Alonso J. L. (2022). Informe 2022 de la subvención del Gobierno de Aragón al Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) para el Seguimiento del cambio climático en Aragón. Informe interno del Gobierno de Aragón.

García-González, R., Herrero, J., García-Serrano, A. (2014). Marmota alpina – *Marmota marmota*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Barja, I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Recuperado de: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/112040/1/marmar\\_v3.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/112040/1/marmar_v3.pdf)

Gobierno de Aragón (2022), Boletín Oficial de Aragón (BOA): Decreto 129/2022, de 5 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se crea el Listado Aragonés de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. Recuperado de: <https://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=1237365042727&type=pdf>

Gutiérrez D. (2021). Efectos del cambio global sobre la dinámica poblacional de la fauna de montaña. Ecosistemas 30(1): 2177. Recuperado de: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2177>

Herrero J., García – Serrano A. (1994). La marmota alpina en Navarra. Informe interno del Gobierno de Navarra.

Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio de transporte, movilidad y agenda urbana (2023). Parques Nacionales Interactivos de España: Ordesa y Monte Perdido. Recuperado de: <https://parquesnacionales.ign.es/ordesa-y-monte-perdido#presentacion>

Vicente Turón J., Sanz B. (2018). Guía de mamíferos terrestres. Península Ibérica y Baleares. Editorial Prames, Zaragoza pp 188 – 270.

Lotka, A.J. (1925). Elements of Physical Biology. Williams & Wilkins, Baltimore.

Luque – Larena J. J., López P., Gosálbez J. (2004). Spacing behavior and morphology predict promiscuous mating strategies in the rock – dwelling snow vole, *Chionomys nivalis*. Canadian journal of zoology 82: 1052 - 1057 Recuperado de: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=fr&user=9U1uJAAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=9U1uJAAAAAJ:R3hNpaxXUhUC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=fr&user=9U1uJAAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&sortby=pubdate&citation_for_view=9U1uJAAAAAJ:R3hNpaxXUhUC)

Martínez – Padilla J. (2021). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad aragonesa. Estudio del efecto de los cambios de temperatura y precipitación en la dinámica poblacional y condición individual de un micromamífero de alta montaña junto a su diversidad de patógenos. Informe interno del Instituto Pirenaico de Ecología. Informe interno del Gobierno de Aragón.

Marinas A., García-González R., Gómez D., Gartzia M., Campo A. (2023). Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Valor ecológico y pastoral de las gleras calizas (Iberidion spathulate Br. – Bl. 1984). Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. II) P 810. Informe interno del Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Informe interno del Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Recuperado de: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/10148/1/87.pdf>

Mangas, J. (2017). Garduña – *Martes foina*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Barja, I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid. Recuperado de: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/112405/8/marfoi\\_v3.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/112405/8/marfoi_v3.pdf)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO): Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2019). Efectos del Cambio Climático en España. Recuperado de: [https://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos\\_del\\_cambio\\_climatico\\_en\\_espanha](https://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos_del_cambio_climatico_en_espanha) Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2023). Red de Parques Nacionales: Ordesa y Monte Perdido, ficha técnica. Recuperado de: <https://www.miteco.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2007). Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. Recuperado de: [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/ieet\\_mamif\\_atlas.html](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/ieet_mamif_atlas.html)

Mitchell-Jones A.J., Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P. J. H., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B. M., Vohralík V., Zima J. (1999). The Atlas of European Mammals. T & A D Poyser, París.

Piñeiro, A. (2017). Topillo nival – *Chionomys nivalis*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Barja, I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Recuperado de: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/143365/4/chiniv\\_v1.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/143365/4/chiniv_v1.pdf)

Posit team (2023). RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA. Recuperado de: <http://www.posit.co/>

R Charts (2023). Density plot in ggplot2 with geom\_density. Recuperado de: <https://r-charts.com/distribution/density-plot-ggplot2/>

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Australia. Recuperado de: <https://www.R-project.org/>

Rowcliffe M (2023). *\_activity*: Animal Activity Statistics. R package versión 1.3.3. Recuperado de: <https://CRAN.R-project.org/package=activity>

Sanz B., Turón J. V. (2018). Guía de mamíferos terrestres, Península Ibérica y Baleares. Prames, Zaragoza, p 213 – 214.

Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) (2023). Garduña – *Martes foina* (Erleben, 1777); Mapas. Recuperado de: <https://secem.observation.org/soort/maps/421?from=1900-01-01&to=>

Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) (2023). Topillo nival – *Chionomys nivalis* (Martins, 1842); Mapas. Recuperado de: <https://secem.observation.org/soort/maps/82562?from=1900-01-01&to=>Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) (2023). Topillo nival – *Chionomys nivalis* (Martins, 1842); Estadísticas. Recuperado de: <https://secem.observation.org/soort/stats/82562>

Villagrasa Ferrer E. (2019). Mamíferos del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Diputación Provincial de Huesca, Proyectos y Realizaciones Aragonesas de Montaña, Escalada y Senderismo (PRAMES). Zaragoza. Recuperado de: <https://www.aragon.es/documents/20127/3427740/Mam%C3%ADferos+del+Parque+Nacional+de+Ordesa+y+Monte+Perdido.pdf/42e335ca-7dff-2efd-ce50-e2671dba5761?t=1575451405821>

## 10. Anejos

### Anexo I. Fotografías



Figura 1. Zona de gleras (hábitat del topillo nival) en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Martínez – Padilla, 2021).



Figura 2. Trampas Sherman (Martínez – Padilla, 2021).



Figura 3. Trampas Sherman (Martínez – Padilla, 2021).



Figura 4. Topillo nival capturado con trampas Sherman (Martínez – Padilla, 2021).