



---

# Universidad de Valladolid

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Estudio sobre el uso de egagrópilas de lechuza común (*Tyto alba*) como método de monitoreo de las poblaciones de topillo campesino (*Microtus arvalis*) en paisajes agrícolas de Tierra de Campos (Palencia)

Estudiante: Rodrigo Fernández Rafael

Tutor: Juan José Luque Larena

Cotutora: Eva Trapote Villalaín

Directora externa: Miriam Báscones Reina

Junio 2025



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a Juan José Luque Larena, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, guiarme a lo largo del proceso y facilitarme el contacto con personas que han sido verdaderos referentes para mí.

A Miriam Báscones Reina, gracias por compartir conmigo tus conocimientos, por tu dedicación y por estar siempre dispuesta a ayudarme en todo lo que necesitare durante este periodo.

De manera especial, quiero agradecer a Eva Trapote Villalaín por su trato cercano, su constante atención y por supervisar mi trabajo con tanta dedicación. Su ayuda ha sido fundamental en cada etapa de este proyecto.

Gracias también a mi pareja, Laura, por su apoyo incondicional, por estar a mi lado en los momentos difíciles y por animarme siempre a seguir adelante.

A mi familia, gracias por estar ahí sin importar las circunstancias, por su paciencia y comprensión. Y, por supuesto, a mis amigos, muchos de los cuales he tenido la suerte de conocer durante estos años de universidad.



## ÍNDICE

1. Resumen .....	2
2. Antecedentes .....	5
3. Objetivos .....	10
4. Metodología .....	12
4.1. Área de estudio .....	12
4.2. Familias y subfamilias de estudio.....	13
4.2.1. Subfamilia Arvicolinae .....	13
4.2.2. Familia Muridae.....	14
4.2.3. Familia Soricidae .....	14
4.3. Periodo de estudio .....	15
4.4. Comparación de proporciones de micromamíferos.....	15
4.4.1. Muestreo mediante trampeo.....	15
4.4.2. Muestreo mediante egagrópilas .....	16
4.4.3. Nivel de resolución taxonómica .....	17
4.5. Comparación de la longitud corporal de los arvicolinos.....	18
4.5.1. Longitud mediante trampeo .....	18
4.5.2. Longitud mediante egagrópilas.....	18
4.5.2.1. Medición de hemimandíbulas de arvicolino .....	18
4.5.2.2. Recta patrón. Longitud hemimandíbula – longitud corporal individuo.....	21
4.6. Análisis estadísticos.....	22
4.6.1. Proporciones .....	22
4.6.2. Tamaños .....	22
4.6.2.1. Recta patrón .....	22
4.6.2.2. Análisis de los tamaños .....	23
5. Resultados .....	25
5.1. Comparación de proporciones de micromamíferos.....	25
5.1.1. Comparación de proporciones de arvicolinos.....	25
5.1.2. Comparación de proporciones de múridos .....	27
5.1.3. Comparación de proporciones de sorícidos .....	29
5.2. Comparación de la longitud corporal de arvicolinos.....	31
5.2.1. Recta patrón .....	31
5.2.2. Comparación de la longitud corporal de arvicolinos.....	31

6. Discusión.....	36
7. Conclusiones .....	41
8. Bibliografía .....	44
9. Anexo: tamaño muestral.....	50
10. Anexo: proporciones .....	52
11. Anexo: longitudes corporales .....	57

## **1. RESUMEN**

## 1. RESUMEN

Comprender los ciclos poblacionales de los roedores es un tema fundamental en Ecología, sobre todo si llevan asociados impactos socioeconómicos y sanitarios, como es el caso del topillo campesino (*Microtus arvalis*). La alta tasa reproductiva de esta especie podría ser uno de los factores clave para explicar sus explosiones demográficas, y, además, el tamaño corporal del animal es un indicador fiable de su productividad. El equipo de investigación de la Universidad de Valladolid lleva estudiando estos aspectos ecológicos en las poblaciones agrarias de Tierra de Campos desde hace más de 15 años mediante trampas específicas para micromamíferos, generando resultados sólidos y contrastados. Sin embargo, otros métodos de muestreo como el muestreo mediante egagrópilas presentan ciertas ventajas en relación con el anterior. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar si los resultados de ambos muestreos (trampeo vs egagrópilas) son comparables en términos de abundancia relativa y longitud corporal, especialmente en los topillos y en distintos contextos espaciales y temporales. Para ello, se llevaron a cabo cinco sesiones de muestreo entre 2023 y 2024 (coincidiendo con distintas fases del ciclo poblacional de la especie) en dos zonas diferentes de Palencia con cada uno de los dos métodos. Los resultados mostraron que ambos métodos detectaron por igual la dinámica poblacional de los micromamíferos que ocupaban ambas zonas. En cuanto a la longitud corporal de los topillos, los individuos analizados mediante egagrópilas resultaron ser de menor tamaño en comparación con los capturados por trampas, pero curiosamente, esto ocurre durante el aumento y pico poblacional, de manera que estos dos métodos en conjunto podrían revelarnos información importante sobre aspectos ecológicos del topillo. Por lo tanto, el método mediante egagrópilas puede reemplazar al de los trampeos para analizar abundancias relativas y puede ser complementario y muy útil para estudiar otras variables, como la longitud de los topillos, estrechamente relacionado con su reproducción y explosiones demográficas.

**Palabras clave:** *Microtus arvalis*, egagrópilas, trampeo, ciclo poblacional, Castilla y León.

## ABSTRACT

Understanding rodent population cycles is a key topic in Ecology, especially when they are associated with socioeconomic and health impacts, as is the case with the common vole, (*Microtus arvalis*). The high reproductive rate of this species could be one of the key factors explaining population outbreaks, and the body size of the animal is a reliable indicator of its productivity. The research team at the University of Valladolid has been studying these ecological aspects in the agricultural populations of Tierra de Campos for over 15 years using specific traps for micromammals, generating solid and well-supported results. However, other sampling methods, such as pellet analysis, offer certain advantages compared to trapping. Therefore, the aim of this study is to analyze whether the results from both sampling methods (trapping vs. pellets) are comparable in terms of relative abundance and body size, especially in voles and across different spatial and temporal contexts. To this end, five sampling sessions were conducted between 2023 and 2024 (coinciding with different phases of the species' population cycle) in two different areas of Palencia using both methods. The results showed that both methods equally detected the population dynamics of the micromammals inhabiting both areas. Regarding the body length of the voles, the individuals analyzed through pellets were found to be smaller in size compared to those captured by traps. Interestingly, this occurred during the population increase and peak phases, suggesting that these two methods combined could reveal important ecological information about the vole. Therefore, pellet analysis can replace trapping to assess relative abundances and can be a complementary and very useful tool for studying other variables, such as vole size, which is closely related to their reproduction and population outbreaks.

**Keywords:** *Microtus arvalis*, pellets, trapping, population cycle, Castilla y León.

## **2. ANTECEDENTES**

## 2. ANTECEDENTES

Algunos roedores de pequeño tamaño muestran dinámicas poblacionales altamente variables, pudiendo ser regulares o predecibles (como las dinámicas multianuales o anuales), o irregulares, sin un patrón claro, como las explosiones demográficas esporádicas. Especies como los topillos o los lemmings estudiados en Europa del Norte exhiben fluctuaciones regulares de abundancia, con picos de abundancia cada 3 a 5 años, seguidos de colapsos en sus densidades (Andreassen et al., 2021). Estas fluctuaciones no sólo tienen relevancia ecológica, sino también económica y social. En este contexto, el topillo campesino (*Microtus arvalis*), el roedor más ampliamente distribuido en los sistemas agrarios europeos (Herrero-Cófreces et al., 2021), se considera una plaga agrícola en gran parte de su área de distribución, debido a los daños que ocasiona en los cultivos durante sus brotes poblacionales y las pérdidas económicas asociadas.

En España, hasta los años 70, la distribución del topillo se encontraba limitada a las zonas montañosas del norte de la península ibérica, incluyendo la Cordillera Cantábrica, el Sistema Central, el Sistema Ibérico y los Pirineos (González-Esteban y Villate, 2007). No obstante, a partir de ese periodo y durante las dos décadas siguientes, la especie se expandió hacia las llanuras agrícolas de Castilla y León, llegando a ocupar actualmente toda la cuenca del Duero (Luque-Larena et al., 2013). Esta expansión fue favorecida por la intensificación agrícola de la región. Originalmente restringido a pastos y praderas de zonas montañosas, el topillo encontró nuevos hábitats en los cultivos plurianuales introducidos durante la expansión agrícola, especialmente en los campos de alfalfa, que se convirtieron en una de sus principales zonas de asentamiento (Jacob et al., 2014). Además, la extensión del regadío facilitó la colonización de toda la cuenca.

Desde la colonización a las nuevas zonas agrícolas, concretamente en la zona de Tierra de Campos, se han producido brotes de población regularmente cada cinco años (Luque-Larena et al., 2013), causando grandes impactos socioeconómicos, ambientales y sanitarios. Esto ha hecho considerar al topillo campesino como una de las plagas más importantes en estas zonas. (Singleton et al., 2010; Rodríguez-Pastor et al. 2016). Esta especie es herbívora y se alimenta de los cultivos, de manera que, cuando ocurren aumentos poblacionales, ocasiona pérdidas económicas importantes en la agricultura. Además, su gestión mediante el uso de rodenticidas o la quema deliberada de las lindes ha provocado importantes impactos ambientales y sociales entre diferentes gremios como, por ejemplo, científicos y agricultores (Rodríguez-Pastor et al.

2016). Por otra parte, este tipo de roedores actúa como hospedador de patógenos zoonóticos, cuya prevalencia tiende a ser mayor en especies que experimentan explosiones demográficas, como es el caso del topillo (Luque-Larena et al., 2017). Uno de los patógenos de los que es hospedante el topillo es la *Francisella tularensis*, que propaga una enfermedad zoonótica infecciosa, la tularemia. Estudios como el de Luque-Larena et al., (2017) demuestran que las infecciones de tularemia se ven directamente relacionadas con las explosiones demográficas del topillo campesino.

Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de comprender los factores que regulan estas dinámicas poblacionales, existiendo diferentes enfoques que comprenden distintos aspectos ecológicos. Por ejemplo, dentro de los factores extrínsecos, es crucial comprender el efecto del clima, del alimento, de los depredadores y de los parásitos o patógenos en los ciclos poblacionales. Por otro lado, los factores intrínsecos, aunque menos estudiados, pueden ser clave para entender cómo se producen estas explosiones. De especial interés para el caso del topillo campesino pueden ser los aspectos reproductivos (Marín, 2023).

El topillo presenta una alta tasa reproductiva (Jacob et al., 2014), se puede reproducir durante todo el año y el tiempo generacional es corto (González y Villate, 2007). Además, algunos estudios sugieren una correlación positiva entre el tamaño corporal (tanto de las hembras como de los machos) y su productividad (Baláž, 2010). Todas estas condiciones hacen que se favorezca la superposición de generaciones y la rápida acumulación de individuos en un corto periodo de tiempo, lo que podría explicar el aumento de población durante los picos poblacionales.

Por lo tanto, estudiar aspectos como la abundancia poblacional o la longitud corporal del topillo es una parte fundamental para entender su dinámica poblacional lo que permitirá en última instancia diseñar estrategias de control efectivas (Jareño et al., 2014). Desde el área de Zoología de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid) se han llevado a cabo estudios a largo plazo que investigan los aspectos mencionados. Desde el año 2009 hasta ahora se lleva monitorizado las poblaciones de micromamíferos en la zona de Tierra de Campos mediante el uso de trampas específicas para este tipo de animales.

Este método de muestreo es muy sólido, está bien contrastado y lleva aportando información rigurosa durante muchos años. Sin embargo, supone un gran esfuerzo físico en la

instalación y recogida de trampas en el campo. Además, supone costes elevados en materiales y requiere permisos legales para la captura y manejo de fauna silvestre (Jareño et al., 2014). Esto hace que se planteen alternativas como, por ejemplo, el uso de egagrópilas. Las egagrópilas pueden representar un método más económico y eficaz para muestrear poblaciones de micromamíferos (Heisler et al., 2016). También destaca por no requerir la extracción de animales vivos de su hábitat, algo que lo hace muy útil en zonas de especial conservación (Drebet, 2022).

Existen estudios previos, como el de Avenant (2005) en el que se utilizaron egagrópilas de lechuza común (*Tyto alba*) como monitoreo de micromamíferos en Sudáfrica o como el de McDonald et al. (2009) en el que utilizan egagrópilas de lechuza tenebrosa (*Tyto tenebricosa multipunctata*) para monitorizar poblaciones en Australia. Estos casos ofrecieron resultados positivos en torno al uso de egagrópilas como método de muestreo, dando datos fiables para caracterizar la diversidad y presencia de micromamíferos.

Estos estudios, sin embargo, se realizaron buscando las egagrópilas directamente en las zonas de estudio, en posaderos habituales, dormideros conocidos o encontradas en el campo. Sin embargo, el uso de las egagrópilas provenientes de cajas-nido tienen diferentes ventajas, como, por ejemplo, facilitar la localización sistemática y regular de las egagrópilas, reducir la incertidumbre sobre el área de caza de la lechuza y aumentar la probabilidad de encontrar egagrópilas recientes que no pertenezcan a periodos pasados. El Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat (GREFA en adelante), lleva años recolectando egagrópilas de las cajas-nido de lechuza común que ellos mismos han colocado (Figura 1.1). La distribución de estas cajas-nido es en la zona de Tierra de Campos, aproximadamente en las mismas zonas donde el equipo de investigación del topillo campesino de la Universidad de Valladolid monitorea la comunidad de micromamíferos mediante trampas.



**FIGURA 1.1.** Lechuza echa a volar desde su caja nido. (GREFA).

La mayoría de los estudios que utilizan egagrópilas en sus análisis se centran en determinar la diversidad de especies presentes en un determinado hábitat o en conocer la dieta del depredador. Sin embargo, son muy pocos los trabajos que evalúan el potencial de las egagrópilas como método de monitoreo de comunidades de micromamíferos, y aún más escasos aquellos que comparan directamente este método con otras técnicas de muestreo aplicadas en la misma zona.

Por tanto, el objetivo principal de este estudio es comparar el método de monitoreo mediante el uso de trampas (a través de la Universidad de Valladolid) con el método de muestreo con egagrópilas (a través de GREFA), a fin de evaluar si los dos métodos proporcionan la misma información.

### **3. OBJETIVOS**

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo general de este trabajo es comparar el método de muestreo mediante trampas con el método de muestreo mediante egagrópilas con el fin de evaluar si proporcionan la misma información o equivalente sobre la comunidad de micromamíferos de Tierra de Campos, con especial atención en el topillo campesino, a lo largo de un ciclo completo de abundancia de esta especie. Los objetivos específicos son:

Objetivo específico 1. Analizar las proporciones de las principales familias y subfamilias de la comunidad de micromamíferos presentes en el área de estudio (arvicolinos, múridos y sorícidos) mediante ambos métodos de muestreo y detectar posibles diferencias.

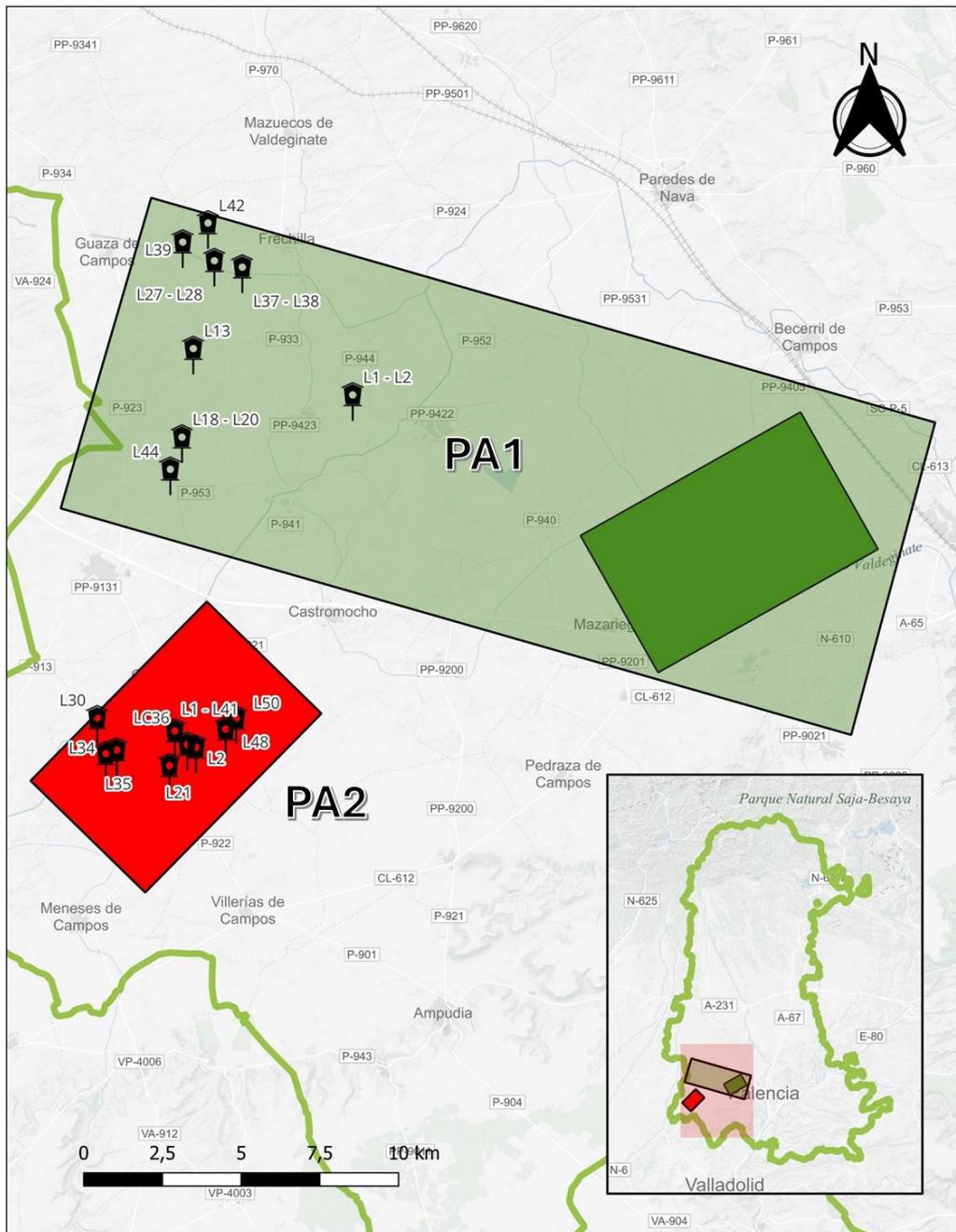
Objetivo específico 2. Evaluar si existen diferencias en la longitud corporal de los individuos de topillo campesino registrados por ambos métodos de muestreo.

## **4. METODOLOGÍA**

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra en Tierra de Campos (concretamente en Palencia) donde distinguimos dos zonas de muestreo (Figura 4.1). La primera zona (PA1) está conformada por Autillo de Campos, Frechilla de Campos y Mazariegos y la segunda zona (PA2) por Boada de Campos, Capillas y Villarramiel.



**FIGURA 4.1.** Mapa de las dos zonas de estudio (PA1: verde y PA2: rojo) con la posición de las cajas-nido y zonas de trampeo (rectángulos sólidos verde y rojo)

En este área predominan extensas llanuras marcadas por grandes extensiones de cultivos de secano, principalmente cereales como el trigo y la cebada. Sin embargo, en las últimas décadas se han implementado los cultivos de regadío y la alfalfa (Jareño et al., 2014)

Tiene un clima típico continental, con inviernos fríos que presentan frecuentes heladas y veranos muy calurosos y secos. Además, las lluvias son escasas e irregulares, lo que afecta directamente a la agricultura local (Gómez, 2014). Sin embargo, en esta zona de Tierra de Campos existen varias lagunas como la de Boada, Pedraza o La Nava que afectan a la biodiversidad del entorno (Gómez, 2014).

## 4.2. Familias y subfamilias de estudio

### 4.2.1. Subfamilia Arvicolinae

Dentro de esta subfamilia el topillo campesino (Figura 4.2) es la especie más abundante en los ecosistemas agrícolas de Tierra de Campos. Se trata de un roedor de pequeño tamaño, cuerpo compacto y hábitos subterráneos. Se comporta como un herbívoro estricto, mostrando una marcada preferencia por las dicotiledóneas (González y Villate, 2007). Se alimenta principalmente en superficie y tiene hábitos crepusculares, con mayor actividad al amanecer y al anochecer (Jareño et al., 2014). Es un roedor que prospera en hábitats abiertos con vegetación densa, siendo especialmente favorecido por los cultivos de alfalfa y regadío. Su expansión en el noroeste de España se ha vinculado al aumento de estos cultivos, que le ofrecen alimento y refugio incluso en los veranos secos. Además, suele ocupar lindes y márgenes agrícolas, donde encuentra cobertura vegetal continua y estable (Jareño et al., 2015). El topillo campesino tiene una alta capacidad reproductiva, pueden ser fértiles desde las 2 semanas de vida, teniendo un promedio de 5-6 crías por hembra que nacerán después de un periodo de gestación de tres semanas (Jacob et al., 2014). Esta capacidad reproductiva es uno de los puntos claves que hace que la especie pueda experimentar sus conocidas explosiones demográficas.



**FIGURA 4.2.** *Microtus arvalis*. Handbook of Mammals of the World, Vol. 7 (Lynx Edicions)

#### 4.2.2. Familia Muridae

La familia *Muridae* se ve representada en Tierra de Campos principalmente por tres géneros, *Apodemus*, *Mus* y *Rattus*. Son pequeños roedores adaptados a gran variedad de hábitats y con unos hábitos alimenticios mayoritariamente omnívoros, aunque algunas especies son más herbívoras o frugívoras. En la zona de estudio las especies representativas de esta familia son el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) y el ratón moruno (*Mus spretus*) siendo ambos animales omnívoros (Figura 4.3)



**FIGURA 4.3.** *Apodemus sylvaticus* (izq) y *Mus spretus* (der). Handbook of Mammals of the World, Vol. 7 (Lynx Edicions)

#### 4.2.3. Familia Soricidae

La familia *Soricidae* tiene como representantes en la zona de estudio los géneros *Crocidura*, *Sorex* y *Neomys*, siendo el primero de ellos el más común. Son pequeños mamíferos de hocico alargado principalmente insectívoros. La especie que habita el área de Tierra de campos es la musaraña gris (*Crocidura russula*) (Figura 4.4)



**FIGURA 4.4.** *Crocidura russula*. Handbook of Mammals of the World, Vol. 8 (Lynx Edicions)

### **4.3. Periodo de estudio**

En el verano de 2024 se registró una fase de máxima abundancia de topillo campesino en Tierra de Campos. Para poder registrar las fases pertenecientes al aumento, pico y colapso poblacional de la especie se realizaron 5 sesiones de muestreo mediante ambos métodos durante los años 2023-2024.

Estas sesiones fueron: Sesión 1 (junio y julio 2023), Sesión 2 (noviembre y diciembre) 2023, Sesión 3 (marzo y abril 2024), Sesión 4 (julio 2024) y Sesión 5 (noviembre 2024).

### **4.4. Comparación de proporciones de micromamíferos.**

#### **4.4.1. Muestreo mediante trampeo**

Este método consiste en delimitar parcelas en el área de estudio que abarquen los tipos de hábitats predominantes del topillo. En cada una de las parcelas se instalaron 35 trampas tipo Sherman dispuestas en líneas o en forma de “T” y con una separación de 2 metros entre ellas. Este tipo de trampa solo permite capturar al animal una vez. Cuando se instalaban en forma de “T”, 10 se colocaban a lo largo de la linde y las otras 25 se alineaban perpendicularmente hacia el interior del cultivo. Las trampas se dejaban 24 horas para después recogerlas y extraer los micromamíferos. Este método permite identificar al animal a nivel de especie y obtiene información sobre la abundancia o proporción, condición corporal y estado reproductivo del individuo.

El muestreo por trampeo captura animales de mayor tamaño que los que suele depredar una lechuza, como puede ser una comadreja (*Mustela nivalis*), por tanto, estas especies que podríamos considerar casos excepcionales no se tuvieron en cuenta en los posteriores análisis comparativos.

En el muestreo mediante trampeo se capturaron un total de 982 individuos, con un promedio de 7 individuos por cada línea de trampeo. De estos, 732 fueron arvicolinos (74.54%), 198 múridos (20.16%) y 52 sorícidos (5.29%).

Los datos relativos a estos muestreos fueron proporcionados por el Equipo de Investigación del Topillo Campesino de la Universidad de Valladolid.

#### 4.4.2. Muestreo mediante egagrópilas

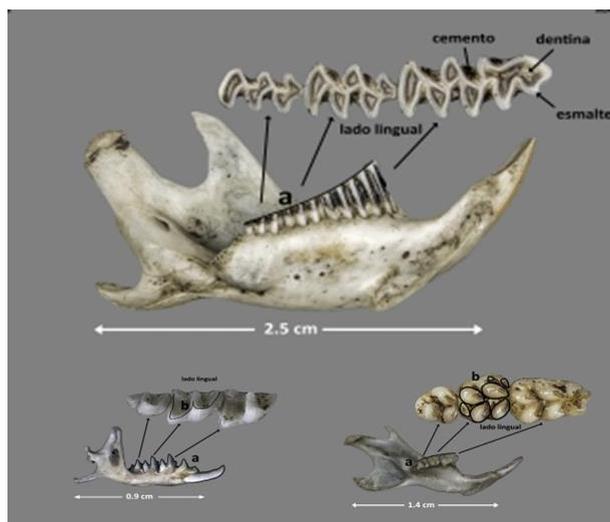
La recolección de las egagrópilas fue llevada a cabo por personal de GREFA, a excepción de la última sesión, en noviembre de 2024, dónde participo en la recolección de las muestras, es ahí cuando empieza mi contribución a este trabajo. Después, continué con el procesamiento en el laboratorio de todas las muestras de egagrópilas de las cinco sesiones, colaboré en los análisis estadísticos y finalicé con la redacción de esta memoria.

La recolección de las egagrópilas se realizó manualmente, acudiendo a las ubicaciones de las cajas nido y extrayendo aquellas que eran más recientes en bolsas clasificadas. Además, se fueron retirando las sobrantes para evitar recoger egagrópilas en un futuro de periodos anteriores. Las bolsas se depositaron en congeladores hasta su posterior análisis para mantener las egagrópilas en buenas condiciones y evitar la proliferación de mohos u otros organismos.

Una vez seleccionadas todas las egagrópilas se abrieron de manera manual extrayendo los cráneos y las hemimandíbulas de las diferentes especies encontradas para poder conocer las diferentes familias y subfamilias de estudio. Aunque se conserven tanto cráneos como hemimandíbulas, para los objetivos del trabajo se utilizaron únicamente las hemimandíbulas, ya que los cráneos, sobre todo de múridos, sufren muchos desperfectos y podrían afectar a los resultados. El tamaño muestral del método de monitoreo por egagrópilas se encuentra representado en la Tabla 10.1. (ver Anexo: Tamaño muestral)

Cada egagrópila abierta se guardaba en una bolsa hermética, la cual se marcaba con la zona y fecha de recogida, la caja nido a la que pertenecía, el número de egagrópila y la fecha de disección.

Para la identificación de las familias se utilizó el Manual para la identificación de los cráneos de los roedores de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias (Román, 2019). Cada familia posee diferencias morfológicas utilizadas para su identificación. Estas diferencias se ven representadas en la dentición, ya que cada familia posee dietas distintas. En la Figura 4.5 se observa la diferencia de dentición debida a la dieta de los micromamíferos.



**FIGURA 4.5.** Diferencias de dentición por gremios ecológicos. Arriba: topillo (herbívoro). Abajo izquierda: musaraña (carnívoro). Abajo derecha: ratón (omnívoro) (Universidad de Huelva, s.f.)

En total se analizaron 530 egagrópilas recogidas de 21 cajas-nido, dando una media de 9,5 egagrópilas por caja, 2 presas por egagrópila y 36 presas por caja.

Se obtuvieron 2590 hemimandíbulas (1259 de topillo, 886 de ratón y 445 de musaraña), lo que corresponde aproximadamente a 630 individuos de topillo (48.63%), 443 de ratón (34.22%) y 223 de musaraña (17.17%)

#### 4.4.3. Nivel de resolución taxonómica

Tanto el muestreo por trapeo como el análisis de egagrópilas pueden ofrecer información a nivel de especie de los individuos recogidos. Los datos proporcionados por la Universidad de Valladolid incluyen información a nivel de especie, sin embargo, se decidió no llegar a este nivel en el análisis de egagrópilas.

La identificación a nivel específico mediante las egagrópilas es un proceso laborioso y consume mucho tiempo. Podemos permitirnos no llegar a la identificación de especie debido a las características de las poblaciones de micromamíferos de la zona de estudio. En primer lugar, solo existe una especie de musaraña, la musaraña gris. En segundo lugar, aunque existen dos especies de ratón, el moruno y el de campo, no son el objetivo principal del estudio. Finalmente, en cuanto a los topillos, aunque también se registran dos especies de la misma subfamilia (*Arvicolinae*), el topillo campesino y el topillo lusitano (*Microtus lusitanicus*), este último representa menos del 1% de la población Luque-Larena, J.J. (comunicación personal, 2025)

Debido a estas condiciones, se decidió realizar la identificación de las especies a niveles taxonómicos superiores: arvicolinos, múridos y sorícidos.

#### **4.5. Comparación de la longitud corporal de los arvicolinos.**

##### **4.5.1. Longitud mediante trampeo**

Por el método de trampeo, al capturar los individuos vivos, es fácil obtener su longitud. Los individuos capturados durante el periodo de estudio fueron medidos antes de congelarlos para su conservación. Por tanto, ya se tenía la longitud corporal de los individuos de manera directa.

##### **4.5.2. Longitud mediante egagrópilas**

A diferencia del muestreo por trampeo, el análisis de egagrópilas no ofrece de manera directa la longitud corporal de los individuos. Para poder hacer una estimación de la longitud de los topillos a partir de las hemimandíbulas, se optó por medir las hemimandíbulas derechas encontradas en las egagrópilas del periodo estudiado y estimar la longitud del animal. Esta estimación se realizó gracias a una submuestra del año 2014 que disponía de los datos de la longitud corporal del topillo y, además, también contaba con todas las hemimandíbulas de cada uno de ellos. Por lo tanto, por un lado, se midieron las hemimandíbulas procedentes de las egagrópilas y, por otro, se midieron las hemimandíbulas de la submuestra del 2014 para poder construir una recta patrón, como se detalla a continuación.

###### **4.5.2.1. Medición de hemimandíbulas de arvicolino**

Para hacer las mediciones de la longitud de las hemimandíbulas se utilizó el programa de procesamiento de imágenes de código abierto Fiji, que es una distribución de ImageJ que incluye muchos complementos útiles aportados por la comunidad.

El programa Fiji se utiliza habitualmente para análisis morfológicos celulares y subcelulares, pero su gran versatilidad le permite aplicarse a una amplia variedad de escalas biológicas. Así, ha sido empleado tanto en estudios a nivel molecular, como en el caso del estudio: *Quantitative Cell Biology of Neurodegeneration in Drosophila Through Unbiased Analysis of Fluorescently Tagged Proteins Using ImageJ* (Brazill et al., 2018), o en trabajos de reconstrucción anatómica y ósea, como por ejemplo: *Protocol for the reconstruction of micromammals from fossils. Two case studies: The skulls of Beremendia fissidens and Dolinasorex glyphodon* (Moya-Costa et al., 2019). Estos ejemplos muestran cómo Fiji puede

adaptarse eficazmente a distintos contextos científicos, desde el análisis de proteínas fluorescentes hasta la morfología craneal de micromamíferos, especialmente útil en este trabajo.

Para realizar las mediciones se fotografiaron todas las hemimandíbulas derechas encontradas en las egagrópilas y que no tuvieran daños que impidieran realizar la medición, siendo éstas 576 hemimandíbulas. Se optó por utilizar únicamente las hemimandíbulas derechas con el fin de evitar repeticiones y asegurar la homogeneidad de los datos. Las hemimandíbulas fueron orientadas con la dentición hacia arriba, de tal manera que quedasen más estables y planas sobre la superficie evitando curvaturas que pudieran afectar a las fotografías. Todas las mediciones incluidas en este trabajo fueron realizadas por mí, con el fin de garantizar la consistencia en el procedimiento y evitar posibles errores derivados de la variabilidad entre observadores.

Al haber un amplio repertorio de medidas posibles, se decidió usar dos tipos y elegir de entre ellas la que mejor correlación tuviera con la longitud del individuo. La primera medida fue diseñada específicamente para este trabajo, teniendo en cuenta que, en caso de obtener buenos resultados en las estimaciones, se trataba de una medición más sencilla y mecánica, lo que permitiría aplicar el método a un mayor número de hemimandíbulas en menos tiempo. La segunda medida se basó en el artículo de Borowski et al. (2008). En ambas se dibujaron dos rectas paralelas tangentes: una a la zona más exterior del cóndilo mandibular y otra al final de la hemimandíbula, excluyendo los incisivos. Usamos estas rectas para tener una base homogénea en todas las hemimandíbulas desde la cual poder realizar las medidas posteriormente.

En la primera medición (Figura 4.6) se utiliza una recta perpendicular a ambas tangentes para medir la longitud de la hemimandíbula. En la segunda (Figura 4.7) se utiliza la recta que se forma al unir los puntos de contacto de ambas tangentes como medida (Borowski et al., 2008)



**FIGURA 4.6.** Método de medición 1.



**FIGURA 4.7.** Método de medición 2.

En la Figura 4.8 se ve el método empleado, donde se situaban las hemimandíbulas en una cuadrícula numerada encima de un papel milimétrico y junto a una bolsa donde se guardaba una de las egagrópilas de la caja nido que servía de identificación. Cada número indica el número de egagrópila en donde se encontró la hemimandíbula. Todas las fotos se realizaron a la misma distancia y con las mismas condiciones lumínicas para evitar posibles errores. Para realizar las mediciones, Fiji necesita ajustar una escala, de esta manera se utilizó el papel milimétrico del fondo para conseguir una relación de píxeles/milímetro y así poder medir las hemimandíbulas.



FIGURA 4.8. Fotografía del método empleado para realizar las mediciones.

#### 4.5.2.2. Recta patrón. Longitud hemimandíbula – longitud corporal individuo

Para poder comparar las longitudes de los topillos en función de los diferentes tipos de muestreos utilizados (mediante trampas y mediante egagrópilas), fue necesario estimar la longitud cabeza-cuerpo (LCC) de los individuos encontrados en las egagrópilas a partir de la longitud de sus hemimandíbulas como se describía en el apartado anteriormente.

Basándonos en estudios que demuestran que hay una relación lineal entre distintas medidas de la hemimandíbula y variables como la longitud corporal, el peso e incluso el sexo del topillo campesino (Balčiauskienė, 2007; Csanády & Mošanský, 2021) se procedió a construir una recta patrón con el objetivo de evaluar hasta qué punto esta relación se mantiene con las medidas específicas empleadas en este estudio.

Para la elaboración de esta recta patrón se utilizó una muestra compuesta por 148 individuos de longitud cabeza-cuerpo conocido. A las hemimandíbulas derechas de cada individuo se les realizaron las mismas medidas que a las hemimandíbulas recogidas en las egagrópilas. De esta manera se consiguió estimar la longitud cabeza-cuerpo de los individuos de las egagrópilas y construir una recta patrón entre las dos variables.

## 4.6. Análisis estadísticos

### 4.6.1. Proporciones

Para poder comparar ambos métodos, se estableció que la unidad muestral en el análisis de egagrópilas sería cada egagrópila individual, mientras que para el trampeo se consideró como unidad muestral cada línea de trampeo. En el caso de las egagrópilas se definió como éxito la proporción de hemimandíbulas pertenecientes a las distintas familias y subfamilias identificadas. Por otro lado, en el método de trampeo, el éxito se consideró como la captura del individuo en cuestión.

A partir de aquí se calcularon las proporciones de arvicolinos y de las otras dos familias mediante la Ecuación 4.1 para las egagrópilas y la Ecuación 4.2 para el trampeo (ejemplo para el caso de arvicolinos).

$$\frac{N^{\circ} \text{ hemimandíbulas de arvicolino}}{N^{\circ} \text{ Total de hemimandíbulas (arvicolinos+múridos+sorícidos)}} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

$$\frac{N^{\circ} \text{ de } \textit{Microtus arvalis} \text{ capturados}}{N^{\circ} \text{ Total de individuos capturados (} \textit{Microtus arvalis} + \textit{Apodemus sylvaticus} + \textit{Mus spretus} + \textit{Crocidura russula} \text{)}} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Una vez obtenidas las proporciones se realizó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) con familia beta (adecuado para el análisis de proporciones), siendo la proporción de familias o subfamilias, según el caso, la variable respuesta y la zona, la sesión y el tipo de muestreo las variables predictoras. Los resultados se obtuvieron mediante un test Anova tipo 3 y se realizaron análisis post-hoc, cuando fuera necesario, mediante un test de Tukey. Se establece el nivel de significación cuando P valor es menor de 0.05. Todos estos análisis y sus gráficas correspondientes se realizaron mediante el programa estadístico R versión 4.1.1. (R Core Team, 2021).

### 4.6.2. Tamaños

#### 4.6.2.1. Recta patrón

Para explorar la relación entre la longitud corporal del topillo y la longitud de su hemimandíbula se optó por realizar un análisis de regresión lineal simple (Fowler y Cohen, 1999) donde se calculó los diferentes estadísticos y se representó después mediante un diagrama de dispersión.

Calculamos el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) que es el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ). Esta medida nos da información de si otras variables afectan a la variabilidad de las dos variables de estudio, en este caso la longitud del individuo y de la hemimandíbula. Cuanto más cercano a 1 ó -1 sea el coeficiente de determinación habrá menos variables que afecten a la relación entre las longitudes, o en el caso de que fuese exactamente 1 ó -1 significaría que estas dos variables solo se ven afectadas entre ellas.

Y calculamos también el coeficiente de correlación de Pearson que por su lado nos ofrece información de la fuerza de la correlación, siendo mayor cuanto más se acerque a los límites de 1 ó -1, o más débil cuanto más cerca de 0 se encuentre.

#### **4.6.2.2. Análisis de los tamaños**

En este caso, se realiza un modelo lineal (LM) ya que la variable respuesta es la longitud de los animales y, por tanto, cumple los supuestos de normalidad. Las variables predictoras, como en el caso anterior, son la zona, la sesión y el tipo de muestreo. De la misma manera, los resultados se obtuvieron mediante un test de Anova tipo 3 y se realizaron análisis post-hoc, cuando fueron necesarios, obtenidos mediante un test de Tukey. Se establece el nivel de significancia cuando la P valor es menor de 0.05. Todos estos análisis y sus gráficas correspondientes se realizaron mediante el programa estadístico R versión 4.1.1. (R Core Team, 2021).

## **5. RESULTADOS**

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Comparación de proporciones de micromamíferos.

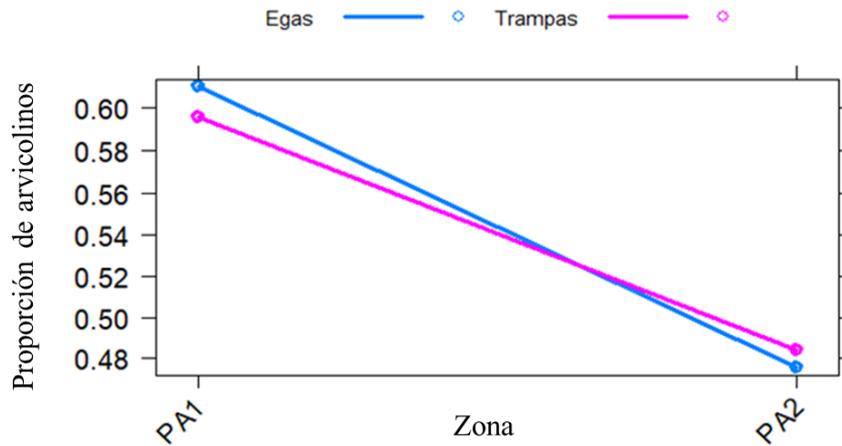
#### 5.1.1. Comparación de proporciones de arvicolinos

Los resultados de los análisis de las interacciones muestran que cuando comparamos los dos métodos, trampeo y egagrópilas, no existen diferencias significativas en las proporciones de arvicolinos, ni en las dos zonas muestreadas ni a lo largo de las cinco sesiones (Tabla 5.1).

**Tabla 5.1.** Variables asociadas a la proporción de arvicolinos. Resultados del modelo mixto generalizado (GLMM) (prueba Wald  $X^2$  tipo III). Los valores P significativos se resaltan en negrita.

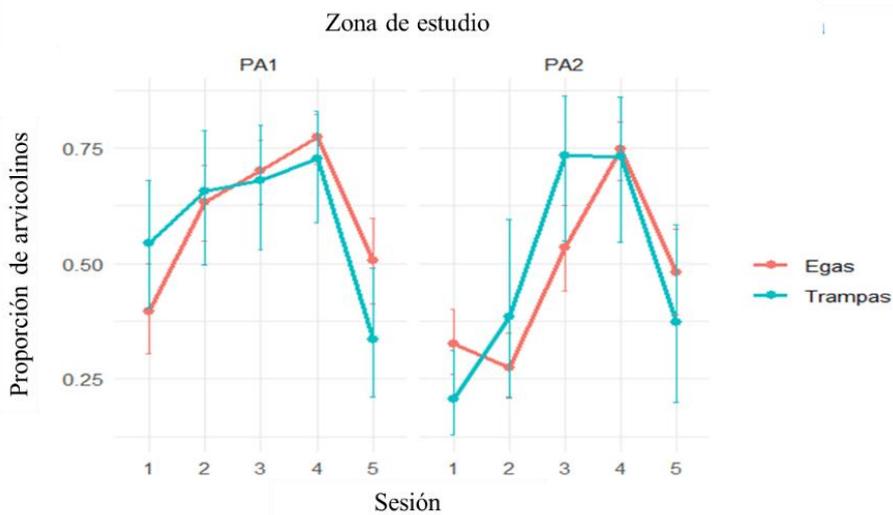
Predictores	$X^2$	Df	P ( $>X^2$ )
Muestreo	0.015	1	0.901
Zona	14.862	1	< <b>0.001</b>
Sesión	93.401	4	< <b>0.001</b>
Muestreo:Zona	0.203	1	0.652
Muestreo:Sesión	6.625	4	0.157
Zona:Sesión	16.297	4	<b>0.002</b>
Muestreo:Zona:Sesión	9.729	4	<b>0.045</b>

Los análisis post-hoc revelan que sí existen diferencias significativas entre las proporciones de las dos zonas de estudio cuando aplicamos el método de muestreo por egagrópilas. Por otra parte, si usamos el método de muestreo por trampeo las diferencias están al borde de la significación ( $P = 0.055$ ) (Tabla 10.1 ver anexo), siendo esta proporción en los dos casos superior en la zona PA1 que en la zona PA2 (Figura 5.1)



**FIGURA 5.1.** Efecto de la zona en la proporción de arvicolinos según los dos tipos de muestreo.

Además, el resultado del análisis para la triple interacción Muestreo:Zona:Sesión no detecta diferencias significativas (Tabla 10.2 ver anexo). Los posteriores análisis porst-hoc de cada zona por separado muestran que no existen diferencias significativas dentro de cada sesión entre los dos tipos de muestreo (Tabla 10.2 ver anexo). En la Figura 5.2 se observa claramente como ambos tipos de muestreo recogen análogamente la dinámica de los arvicolinos en cada una de las zonas a lo largo de las cinco sesiones, mostrando cómo aumenta la población hasta su máximo poblacional y su posterior colapso. Las diferencias significativas que encontramos en la triple interacción se deben a las diferencias entre las zonas, que ya se mostró anteriormente en la interacción Muestreo:Zona (Figura 5.1)



**FIGURA 5.2.** Efecto de la sesión en la proporción de arvicolinos para cada tipo de muestreo y en cada zona por separado.

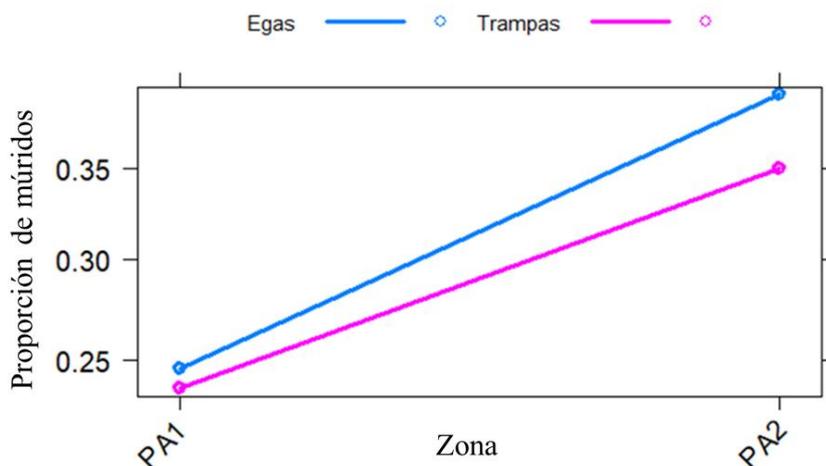
### 5.1.2. Comparación de proporciones de múridos

En este caso los análisis de las interacciones dobles muestran que al comparar ambos métodos no existen diferencias significativas en las proporciones de los múridos en las dos zonas muestreadas, pero sí existen diferencias a lo largo de las 5 sesiones (Tabla 5.2)

**TABLA 5.2.** Variables asociadas a la proporción de múridos. Resultados del modelo mixto generalizado (GLMM) (prueba Wald  $X^2$  tipo III). Los valores P significativos se resaltan en negrita.

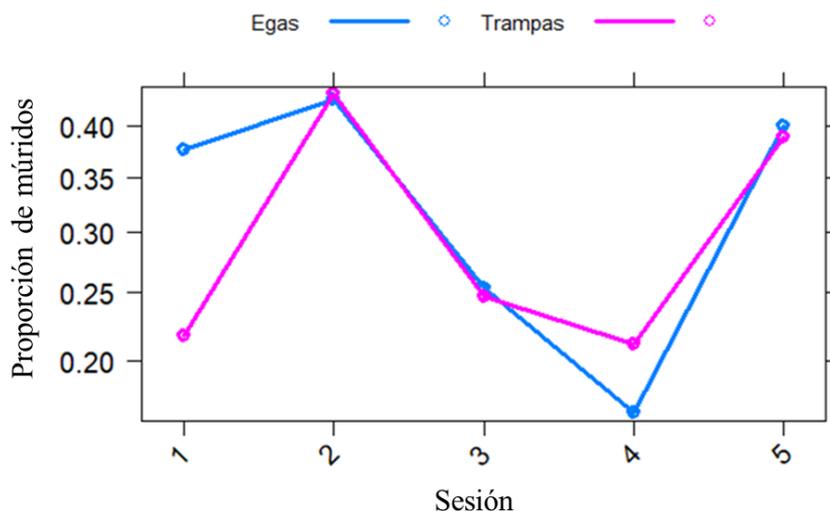
Predictores	$X^2$	Df	P ( $>X^2$ )
Muestreo	0.831	1	0.362
Zona	26.637	1	<b>&lt; 0.001</b>
Sesión	47.673	4	<b>&lt; 0.001</b>
Muestreo:Zona	0.166	1	0.684
Muestreo:Sesión	11.249	4	<b>0.024</b>
Zona:Sesión	23.554	4	<b>&lt; 0.001</b>
Muestreo:Zona:Sesión	17.354	4	<b>0.002</b>

Los análisis post-hoc revelan que ambos métodos recogen la misma información, hay diferencias significativas entre las proporciones de las 2 zonas de estudio (Tabla 10.3 ver anexo), siendo esta proporción en los dos casos superior en la zona PA2 respecto a la zona PA1 (Figura 5.3)



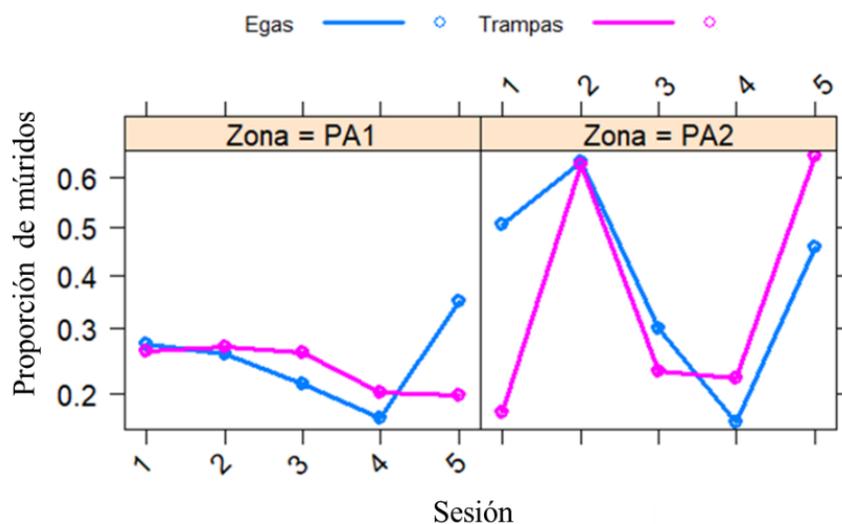
**FIGURA 5.3.** Efecto de la Zona en la proporción de múridos según los dos tipos de muestreo.

Al realizar el análisis post-hoc entre Muestreo:Sesión se observa que hay diferencias significativas solo en la primera sesión (junio 2023) entre las proporciones de múridos obtenidas por ambos métodos de muestreo ( $P < 0.001$ . Tabla 10.4 ver anexo), habiendo más proporción en el método de egagrópilas que en el de trampeo (Figura 5.4). Exceptuando esta sesión, ambos muestreos muestran claramente la dinámica de la familia.



**FIGURA 5.4.** Efecto de la sesión en la proporción de múridos según los dos tipos de muestreo.

El resultado de la triple interacción indica que la diferencia en la primera sesión se encuentra en la zona PA2 (Figura 5.5) ( $P < 0.001$ . Tabla 10.5 ver anexo)



**FIGURA 5.5.** Efecto de la sesión en la proporción de múridos para cada tipo de muestreo y en cada zona por separado.

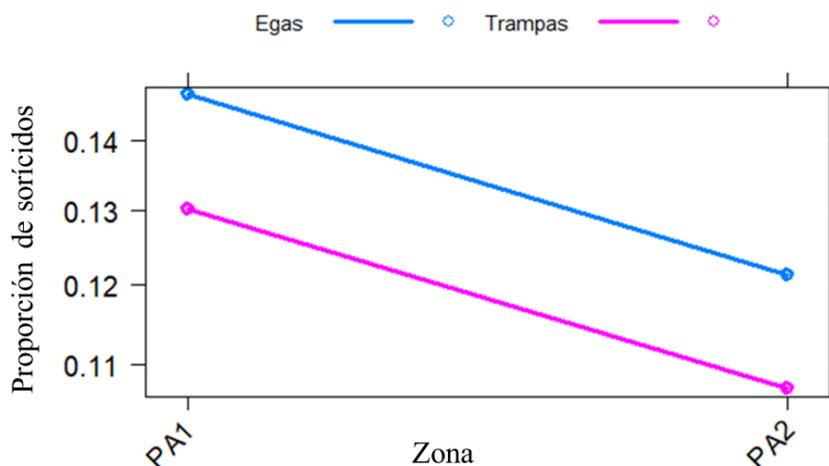
### 5.1.3. Comparación de proporciones de sorícidos

Los análisis de interacciones en las proporciones de sorícidos muestran que no hay diferencias significativas en las zonas muestreadas por los dos métodos, sin embargo, sí existen diferencias a lo largo de las cinco sesiones (Tabla 5.3)

**TABLA 5.3.** Variables asociadas a la proporción de sorícidos. Resultados del modelo mixto generalizado (GLMM) (prueba Wald  $X^2$  tipo III). Los valores P significativos se resaltan en negrita.

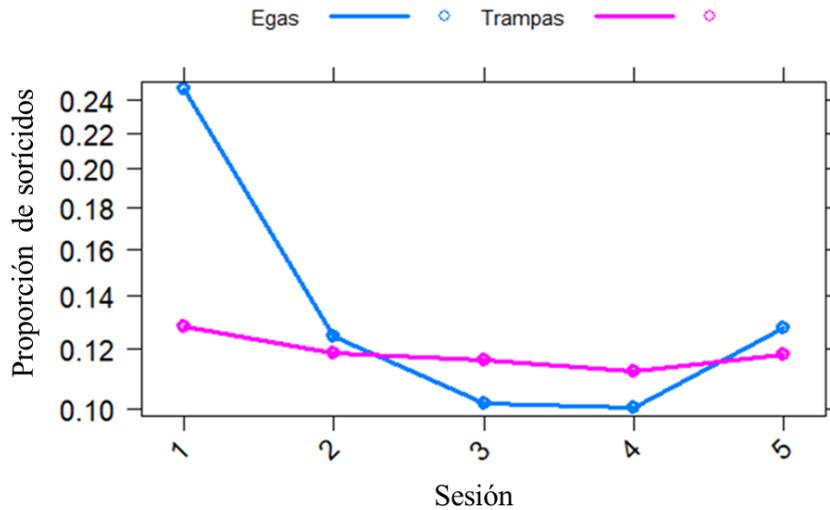
Predictores	$X^2$	Df	P ( $>X^2$ )
Muestreo	1.539	1	0.215
Zona	4.011	1	<b>0.045</b>
Sesión	19.189	4	<b>&lt;0.001</b>
Muestreo:Zona	0.001	1	0.977
Muestreo:Sesión	11.621	4	<b>0.020</b>
Zona:Sesión	3.724	4	0.445
Muestreo:Zona:Sesión	4.206	4	0.379

Los análisis post-hoc revelan que hay diferencias significativas entre las proporciones de las dos zonas de estudio al usar el método de las egagrópilas, pero esta diferencia no la recoge el método de trampeo (Tabla 10.6 ver anexo), aun así, ambos métodos muestran que hay una mayor proporción en la zona PA1 que en la PA2 (Figura 5.6)



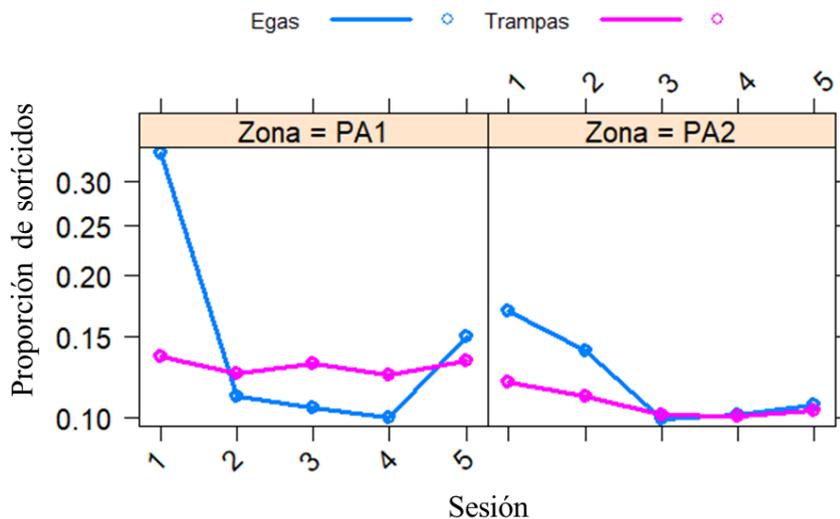
**FIGURA 5.6.** Efecto de la Zona en la proporción de sorícidos según los dos tipos de muestreo.

En el análisis post-hoc de la interacción Muestreo:Sesión se encontraron diferencias significativas únicamente en la primera sesión (junio 2023) entre las proporciones de sorícidos obtenidas por ambos métodos de muestreo ( $P < 0.001$ ; ver Tabla 10.7 en anexos), con una mayor proporción registrada mediante el método de egagrópolis en comparación con el trapeo (Figura 5.7).



**FIGURA 5.7.** Efecto de la sesión en la proporción de sorícidos según los dos tipos de muestreo.

El resultado de la triple interacción muestra que la diferencia observada en la primera sesión se concentra en la zona PA1 (Figura 5.8) ( $P < 0.001$ . Tabla 10.8 ver anexo).



**FIGURA 5.8.** Efecto de la sesión en la proporción de sorícidos para cada tipo de muestreo y en cada zona por separado.

## 5.2. Comparación de la longitud corporal de arvicolinos.

### 5.2.1. Recta patrón

En la Figura 5.9 se muestran los resultados de ambos métodos de medición. Se observa que el coeficiente de determinación de la segunda medición ( $r^2_2 = 0,6904$ ) es mayor que el de la primera medición ( $r^2_1 = 0,6231$ ). Dando ambas mediciones un coeficiente de correlación de Pearson fuerte ( $r_1 = 0,7894$  y  $r_2 = 0,8308$ ), pero siendo más fuerte el segundo. Por tanto, todas las figuras y cálculos realizados habrán sido obtenidos por el método de medición 2 (Figura 4.7)

Según este método de medición los individuos de arvicolino analizados en las egagrópilas tienen en promedio una longitud cabeza-cuerpo de  $102 \pm 19,6$  mm. Mientras que con el método de trampeo es de  $109.76 \pm 10.97$  mm.

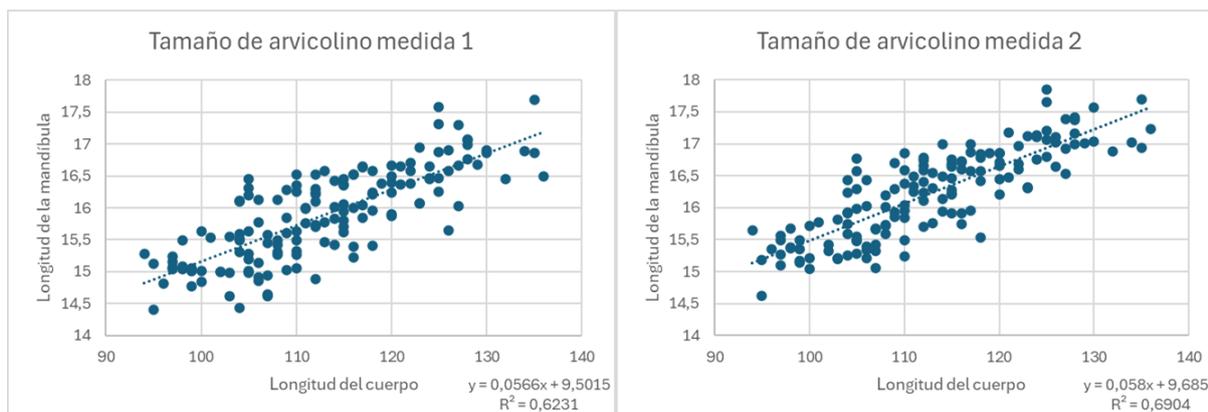


FIGURA 5.9. Diagramas de dispersión de las dos medias de las hemimandíbulas de arvicolino.

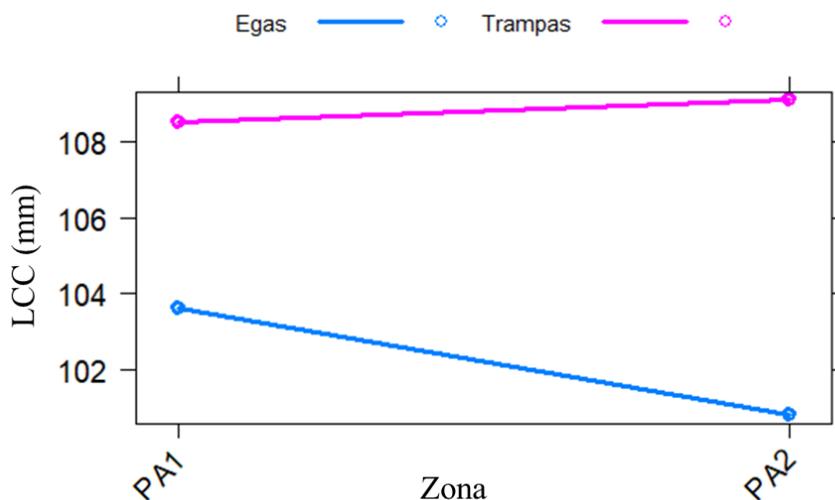
### 5.2.2. Comparación de la longitud corporal de arvicolinos.

Al analizar el efecto de la zona y la sesión sobre la longitud de los arvicolinos para cada tipo de muestreo se observaron diferencias significativas tanto en la sesión como en la triple interacción (Tabla 5.4)

**TABLA 5.4.** Variables asociadas a la longitud de arvicolinis. Resultados del modelo lineal (LM) (prueba Wald X2 tipo III). Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	X <sup>2</sup>	Df	F Value	Pr (>X <sup>2</sup> )
Sesión	10,653	4	11.9106	< <b>0.001</b>
Zona	44	1	0.1947	0.659
Muestreo	1,655	1	7.4016	<b>0.007</b>
Muestreo:Zona	837	4	0.9361	0.442
Muestreo:Sesión	5,254	4	5.8742	< <b>0.001</b>
Zona:Muestreo	598	1	2.6725	0.102
Muestreo:Zona:Sesión	2,700	4	3.0187	<b>0.017</b>

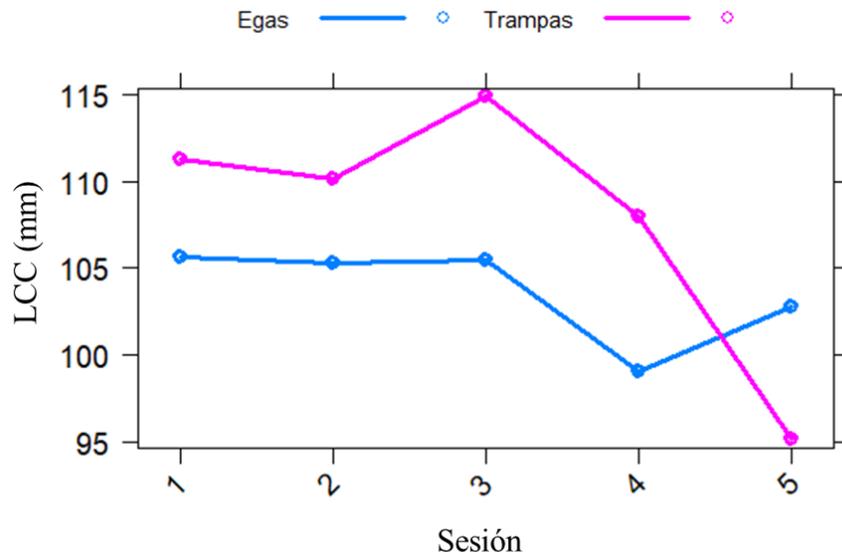
Cuando realizamos los análisis post-hoc para la zona, detectamos que, para la zona de PA2, los animales muestreados mediante trampas son significativamente más grandes que los muestreados por egagrópilas ( $P = 0.017$ . Tabla 11.1 ver anexo). Además, existe una diferencia significativa entre la longitud de los animales muestreados mediante egagrópilas entre las dos zonas ( $P = 0.006$ . Tabla 11.1 ver anexo), no siendo así para el caso del muestreo mediante trampas (Figura 5.10)



**FIGURA 5.10.** Efecto de la zona en la longitud de los arvicolinis según los dos tipos de muestreo.

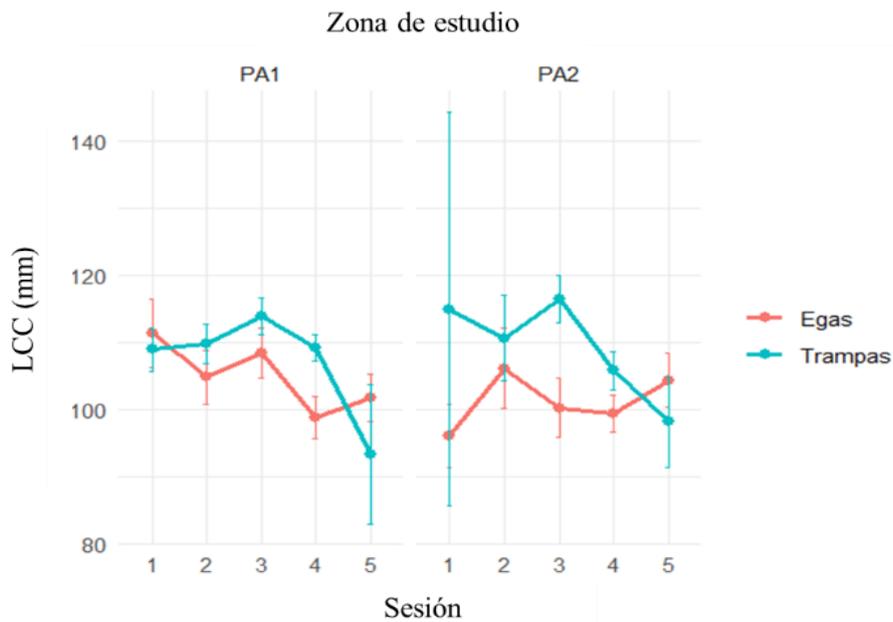
Los resultados del análisis post-hoc por sesión revelan diferencias significativas en la longitud de los arvicolinis en las sesiones 3 (marzo-abril 2024), 4 (julio 2024) y 5 (noviembre 2024), con valores de  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$  y  $P = 0.032$ , respectivamente (Tabla 11.2 ver anexo).

Siendo más grandes los muestreados por trampas que por egagrópilas menos en la última sesión, donde son más pequeños. (Figura 5.11)



**FIGURA 5.11.** Efecto de la sesión en la longitud de arvicolinos según los dos tipos de muestreo.

En este caso, el análisis de la triple interacción nos indica que estas diferencias en la longitud se encuentran en la zona de PA1 en la sesión 4 y en la zona de PA2 en la sesión 3, ambos  $P < 0.001$  (Tabla 11.3 ver anexo), donde los topillos son más grandes en el muestreo realizado por trampas que por egagrópilas (Figura 5.12)



**FIGURA 5.12.** Efecto de la sesión en la longitud de arvicolinos para cada tipo de muestreo y en cada zona por separado.

Como ya se ha comentado antes, los resultados de las longitudes corporales aquí señalados son los obtenidos al utilizar la medición 2. Cuando replicamos el análisis teniendo en cuenta la primera medición (Figura 4.6) observamos que los resultados son cualitativamente iguales respecto a los de la segunda medición. Esta información está recogida en el Anexo: Longitudes corporales.

## **6. DISCUSIÓN**

## 6. DISCUSIÓN

En este estudio se ha comparado la eficacia de las egagrópilas como un método de monitoreo alternativo frente a un método tradicional como es el muestreo por trampeo. Comparando las proporciones obtenidas de arvicolinos a lo largo de las cinco sesiones por ambos métodos de muestreo, se obtuvo que no hubo diferencias significativas en cuanto al método utilizado, por tanto, los resultados de este trabajo muestran que ambos métodos recogen la misma información en cuanto a la dinámica poblacional del topillo, reflejando perfectamente los aumentos y las disminuciones de la población.

Por otro lado, las otras dos familias estudiadas, múridos y sorícidos, solo mostraron diferencias significativas durante la primera sesión (junio de 2023), siendo su proporción mayor en las egagrópilas que en el trampeo. Esta sesión coincidió además con la de menor proporción de arvicolinos registrada mediante el análisis de egagrópilas. Diferentes estudios muestran que las egagrópilas de la lechuga común representan una muestra representativa de la comunidad de micromamíferos del entorno (Delibes, 1983 revista *Ardeola*), Andrade et al. (2016), por lo que estos patrones observados en nuestros resultados podrían explicarse por el comportamiento trófico de la lechuga común, que, ante una menor disponibilidad de arvicolinos en la zona, tiende a diversificar su dieta depredando sobre otras especies presentes en su hábitat (Tores et al., 2005; Bernard et al., 2010).

En cuanto a la zona, no hubo diferencias entre los resultados que obtuvimos entre los dos métodos de muestreo, sino que, además, los dos detectaron por igual la mayor proporción de arvicolinos y sorícidos en PA1 (Autillo de Campos, Frechilla de Campos y Mazariegos) y de múridos en PA2 (Boada de Campos, Capillas y Villarramiel).

Cuando analizamos las triples interacciones observamos que las egagrópilas recogen mayores proporciones de sorícidos en la primera sesión de la zona PA1 y de múridos en la primera sesión de la zona PA2, que se podría explicar por el comportamiento trófico de la lechuga, como se comentó antes. En este sentido, una contribución novedosa de este estudio es que demuestra que el método de las egagrópilas puede registrar dinámicas poblacionales de la comunidad de micromamíferos incluso a pequeña escala (entre zonas próximas entre sí).

Una ventaja clave de este estudio fue la disponibilidad de cajas-nido ocupadas, que garantizó una recolección constante de egagrópilas frescas. Algunos autores advierten que este

método de muestreo puede no ser adecuado para estudios a pequeña escala debido al amplio rango de caza de las lechuzas (Heisler et al., 2016; Andrade et al., 2016), que puede alcanzar casi 30 km<sup>2</sup> (Yom-Tov, y Wool, 1997). Aunque estudios anteriores, como el de McDonald et al. (2009), ya habían validado su utilidad en áreas de alrededor de 50 km<sup>2</sup>, nuestros resultados indican que es posible obtener información representativa en superficies menores, como la zona PA2, de menos de 40 km<sup>2</sup>. De hecho, en un contexto favorable de abundancia de arvicolinos, las lechuzas podrían concentrar su actividad de caza en áreas más reducidas, pudiendo muestrear así zonas incluso más pequeñas entorno a la caja-nido.

A diferencia de lo observado por Avenant (2005), en nuestro caso no se detectaron más especies mediante egagrópilas que mediante el trampeo. Esto puede explicarse por la limitada diversidad de micromamíferos que habitan la zona de estudio y por el hecho de que las trampas pueden capturar especies de mayor tamaño, como ratas o comadrejas (Marín, 2023), que raramente aparecen en egagrópilas de lechuza. Al analizar los porcentajes totales recogidos mediante los dos métodos de monitoreo de micromamíferos se observa que el método de trampeo obtiene un mayor porcentaje de arvicolinos. Esto se debe a que el análisis de egagrópilas refleja una mayor proporción de las otras dos familias. Un aspecto especialmente interesante es la diferencia porcentual en la detección de sorícidos entre ambos métodos (17% egagrópilas, 5% trampeo). Esta diferencia se acentúa particularmente en la sesión 1, realizada en junio de 2023, sobre todo en la zona PA1. Este periodo coincide con la época reproductiva de las musarañas, lo que podría explicar el incremento notable de su presencia en el análisis de egagrópilas. Durante este periodo, las crías de musaraña suelen desplazarse en caravana tras la madre al salir las primeras veces de la madriguera (López-Fustre, 2007). Este comportamiento social podría facilitar que un solo ataque de lechuza resulte en la captura de varios individuos a la vez, lo que explicaría el aumento drástico de sorícidos detectado en esa sesión.

El segundo objetivo de este estudio es comprobar si los dos métodos de muestreo ofrecen la misma información en cuanto a la longitud corporal de los arvicolinos, ya que podría estar relacionado con la productividad y por tanto ser un factor importante que explique las explosiones demográficas (Speakman y Król, 2007). Al utilizar la medición de la longitud de hemimandíbula basada en el artículo de Borowski et al. (2008) y compararla con la longitud del individuo de la base de referencia nos dio un coeficiente de correlación de  $r_2 = 0,8308$ , representando una correlación algo más fuerte que al utilizar la otra medida ( $r_1 = 0,7894$ ). Por tanto, utilizamos la medida con mejor correlación para estimar la longitud corporal de los

arvicolininos de las egagrópilas. Los resultados indicaron que los individuos extraídos de las egagrópilas presentaban una longitud corporal menor que los capturados mediante trampeo, concretamente en las sesiones 3 y 4 que se corresponden con el aumento y pico poblacional de los topillos. Esta diferencia en la longitud de los arvicolininos podría deberse a varios factores.

En primer lugar, el uso de una base de datos de referencia del 2014 podría no ser adecuada para estimar valores de los tamaños actuales. Algunos estudios en marcha del Equipo de Investigación del topillo campesino de la Universidad de Valladolid sugieren una ligera tendencia positiva en el tamaño corporal de los topillos a lo largo de todo el periodo de estudio (15 años), lo que podría explicar que los topillos del último pico poblacional (el que se estudia en este trabajo) sean ligeramente más grandes que los del 2014 (submuestra de donde estimamos el tamaño corporal de las presas contenidas en las egagrópilas). Si bien es cierto que el estadístico de Pearson mostraba una relación muy fuerte y, por lo tanto, esperamos estimaciones fiables, sería más adecuado repetir el análisis de la recta patrón con datos actuales.

En segundo lugar, sesgos de los propios métodos de muestreo podrían estar ayudando a que sucedan estas diferencias. Aunque las lechuzas son depredadores oportunistas, pueden mostrar ciertas preferencias por presas más pequeñas y activas durante la noche (Andrade et al., 2016. Schoenefuss et al., 2024). Además, podrían seleccionar de forma activa a los individuos juveniles frente a los adultos, ya que estos resultan más difíciles de capturar. Es interesante destacar que esta diferencia en la longitud de las presas se observa especialmente durante la fase de aumento y pico poblacional, cuando la proporción de topillos jóvenes es mucho mayor que la de adultos. Curiosamente, este periodo coincide con la época reproductiva de la lechuza, que, debido a su elevada tasa metabólica, podría verse obligada a consumir grandes cantidades de alimento, apostando por la presa más abundante y accesible, es decir, los topillos de menor tamaño. Por otro lado, el método de trampeo también presenta sesgos que pueden influir en las diferencias observadas. Como hemos visto, este método tiende a capturar individuos de mayor longitud corporal. En este sentido, estudios realizados en otras especies de la misma subfamilia, como el topillo agreste (*Microtus agrestis*), han demostrado una correlación positiva entre el peso corporal y el tamaño del área de actividad (Borowski, 2003). Esto sugiere que los individuos de mayor tamaño, al desplazarse más, tienen una mayor probabilidad de quedar atrapados en las trampas. Otro aspecto a tener en cuenta es que este método solo permite capturar un animal por trampa y las revisiones se realizan cada 24 horas, lo que limita tanto el número como el tipo de individuos que pueden ser registrados. En

contraste, las lechuzas actúan como depredadores a lo largo de un periodo de tiempo mucho más amplio, lo que les permite capturar un mayor número de presas, tanto grandes como pequeñas.

Por su parte, el análisis de egagrópilas reveló diferencias en las longitudes corporales de los arvicolinos entre las zonas de estudio, mientras que el muestreo mediante trampeo no mostró variaciones significativas. En concreto, se registraron longitudes corporales mayores en la zona PA1 en comparación con PA2. Esta diferencia podría estar relacionada con factores ecológicos como la densidad espacial de las cajas nido, considerablemente menor en PA1, lo que podría reducir la competencia intraespecífica y favorecer un mayor crecimiento corporal. Este patrón sería comparable con lo observado por Michaux et al. (2002), quienes propusieron que en contextos de baja depredación y/o competencia, como en islas pequeñas, las especies de pequeño tamaño pueden experimentar un aumento en tamaño corporal. No obstante, esta hipótesis no explicaría por qué el método de trampeo no detectó dicha diferencia entre las zonas, lo que abre una puerta a realizar estudios adicionales que permitan esclarecer esta diferencia entre los métodos de muestreo.

Por lo tanto, este trabajo muestra que en términos generales el uso del método de egagrópilas puede representar una alternativa o incluso un reemplazo a los métodos tradicionales de captura para medir ciertos parámetros ecológicos, como, por ejemplo, la abundancia relativa. Frente a la captura directa, que implica la extracción de individuos de su entorno natural, las egagrópilas ofrecen una opción no invasiva (McDonald et al., 2009; Heisler et al., 2016), considerándose además más económica y logísticamente más sencilla (Andrade et al., 2016; Drebet, 2022). Además, aporta información muy valiosa en cuanto a los tamaños de los topillos, que complementa la información obtenida mediante el método de trampeo. En este caso este método no podría usarse como sustituto al de trampeo, sino que harían falta más estudios de este estilo para profundizar en las diferencias que aquí se muestran.

## **7. CONCLUSIONES**

## 7. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas de este trabajo de fin de estudios son:

1. El presente trabajo ha permitido comparar de forma efectiva el método tradicional de trampeo con el análisis de egagrópilas como herramientas de monitoreo del topillo campesino (*Microtus arvalis*) en términos de abundancia relativa. Es decir, ambos métodos reflejan los mismos resultados en relación con la dinámica poblacional de esta especie. Esto es especialmente relevante tratándose del topillo, pues este trabajo muestra que el método mediante egagrópilas también podría detectar los ciclos poblacionales de esta especie que conlleva implicaciones ecológicas y de gestión importantes.

2. Una de las novedades de este trabajo es que el uso del muestreo por egagrópilas puede ofrecer información sobre diferentes dinámicas poblacionales de una misma especie en zonas cercanas. Este resultado incita a poder realizar futuros estudios de mayor escala superficial para corroborar la eficacia de las egagrópilas a la hora de diferencias poblaciones.

3. Además, las egagrópilas también recogen información comparable a las del método de muestreo por trampeo sobre las dinámicas poblacionales de las otras familias que habitan el área de estudio.

4. El método mediante egagrópilas podría reemplazar al método mediante trampeo para obtener abundancias relativas de las poblaciones de micromamíferos de las zonas agrarias de Palencia y previsiblemente podría detectar ciclos poblacionales de mayor duración.

5. Ambos métodos de muestreo ofrecen información complementaria en relación con el tamaño del topillo. El análisis de esta variable mediante el muestreo con egagrópilas ha proporcionado información desconocida hasta el momento y de una enorme utilidad. Por lo tanto, abordar toda la información de los dos métodos en conjunto, podría revelarnos información importante sobre aspectos ecológicos del topillo.

6. Aunque el método mediante egagrópilas tiene mucho potencial, son necesarios más estudios específicos que evalúen con mayor profundidad sus posibles limitaciones.

7. El sistema de monitoreo por egagrópilas reduce el trabajo de campo, así como disminuye el coste económico y logístico. Además, en el caso de Tierra de Campos ya se dispone de toda la infraestructura de cajas-nido y de las ventajas que estas aportan. Todo

## Monitoreo del topillo campesino mediante egagrópolis en Tierra de Campos (Palencia)

esto convierte a las egagrópolis en una alternativa a tener en cuenta para el seguimiento poblacional en sistemas agrarios como el del área de estudio.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, A., de Menezes, J. F. S., & Monjeau, A. (2016). Are owl pellets good estimators of prey abundance? *Journal of King Saud University. Science*, 28(3), 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.10.007>
- Andreassen, H. P., Sundell, J., Ecke, F., Halle, S., Haapakoski, M., Henttonen, H., Huitu, O., Jacob, J., Johnsen, K., Koskela, E., Luque-Larena, J. J., Lecomte, N., Leirs, H., Mariën, J., Neby, M., Rätti, O., Sievert, T., Singleton, G. R., van Cann, J., ... Ylönen, H. (2021). Population cycles and outbreaks of small rodents: ten essential questions we still need to solve. *Oecologia*, 195(3), 601–622. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04810-w>
- Avenant, N. L. (2005). Barn owl pellets: A useful tool for monitoring small mammal communities? *Belgian Journal of Zoology*, 135, 39–43.
- Baláž, I. (2010). Somatic characteristics and reproduction of common vole, *Microtus arvalis* (*Microtus arvalis*). *Biologia*, 65(6), 1064–1071. <https://doi.org/10.2478/s11756-010-0122-7>
- Balèiauskienė, L. (2007). Cranial growth of captive bred common voles (*Microtus arvalis*). *Acta zoologica Lituanica*, 17(3), 220–227. <https://doi.org/10.1080/13921657.2007.10512835>
- Bernard, N., Michelat, D., Raoul, F., Quéré, J.-P., Delattre, P., & Giraudoux, P. (2010). Dietary response of Barn Owls (*Tyto alba*) to large variations in populations of common voles (*Microtus arvalis*) and European water voles (*Arvicola terrestris*). *Canadian Journal of Zoology*, 88(4), 416–426. <https://doi.org/10.1139/z10-011>
- Borowski, Z. (2003). Habitat selection and home range size of field voles *Microtus agrestis* in Słowiński National Park, Poland. *Acta Theriologica*, 48(3), 325–333. <https://doi.org/10.1007/BF03194172>
- Borowski, Z., Keller, M., & Włodarska, A. (2008). Applicability of cranial features for the calculation of vole body mass. *Annales Zoologici Fennici*, 45(3), 174–180. <https://doi.org/10.5735/086.045.0302>

- Brazill, J. M., Zhu, Y., Li, C., & Zhai, R. G. (2018). Quantitative cell biology of neurodegeneration in *Drosophila* through unbiased analysis of fluorescently tagged proteins using ImageJ. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 138. <https://doi.org/10.3791/58041>
- Csanády, A., & Mošanský, L. (2021). Morphometric analysis of skull features and sexual size dimorphism in *Microtus arvalis* from Slovakia. *Biologia*, 76(10), 2913–2920. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00764-3>
- Delibes, 1983 revista *Ardeola*
- Drebet, M. Podilski Tovtry National Nature Park (Kamianets-Podilskyi, Ukraine). (2022). Monitoring of the mammal fauna by studying owl pellets: a case of small mammals in protected areas of Podillia. *Theriologia Ukrainica*, 2022(24), 16–27. <https://doi.org/10.15407/tu2404>
- Ficha 1: Cómo diferenciar insectívoros de roedores. (s/f). Uhu.es. Recuperado el 14 de junio de 2025, de <https://www.uhu.es/egaeduca/ficha-1-c%C3%B3mo-diferenciar-insect%C3%ADvoros-de-roedores>
- Fowler, J., Cohen, L. (1999). *Estadística básica en ornitología*. SEO/BirdLife, Madrid.
- Gómez, J. (2014). Las plagas de topillo campesino (*Microtus arvalis*) en Castilla y León: efectos del clima, los cambios en el uso del suelo, e impacto sobre el ecosistema global [Tesis doctoral. En Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC-CSIC-UCLM-JCCM).
- González-Esteban, J., & Villate, I. (2007). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. 426–428.
- Heisler, L. M., Somers, C. M., & Poulin, R. G. (2016). Owl pellets: a more effective alternative to conventional trapping for broad-scale studies of small mammal communities. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(1), 96–103. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12454>
- Herrero-Cófreces, S., Mougeot, F., Lambin, X., & Luque-Larena, J. J. (2021). Linking zoonosis emergence to farmland invasion by fluctuating herbivores: Common vole populations and

- tularemia outbreaks in NW Spain. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 698454. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.698454>
- Jacob, J., Manson, P., Barfknecht, R., & Fredricks, T. (2014). Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products: Common voles in the risk assessment of plant protection products. *Pest Management Science*, 70(6), 869–878. <https://doi.org/10.1002/ps.3695>
- Jareño, D., Viñuela, J., Luque-Larena, J. J., Arroyo, L., Arroyo, B., & Mougeot, F. (2014). A comparison of methods for estimating common vole (*Microtus arvalis*) abundance in agricultural habitats. *Ecological Indicators*, 36, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.019>
- Jareño, D., Viñuela, J., Luque-Larena, J. J., Arroyo, L., Arroyo, B., & Mougeot, F. (2015). Factors associated with the colonization of agricultural areas by common voles *Microtus arvalis* in NW Spain. *Biological Invasions*, 17(8), 2315–2327. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0877-4>
- López-Fustre, M<sup>a</sup> Jose (2007). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España. 128–130.
- Luque-Larena, J. J., Mougeot, F., Viñuela, J., Jareño, D., Arroyo, L., Lambin, X., & Arroyo, B. (2013). Recent large-scale range expansion and eruption of common vole (*Microtus arvalis*) outbreaks in NW Spain. *Basic and Applied Ecology*.
- Luque-Larena, Juan J., Mougeot, F., Arroyo, B., Vidal, M. D., Rodríguez-Pastor, R., Escudero, R., Anda, P., & Lambin, X. (2017). Irruptive mammal host populations shape tularemia epidemiology. *PLoS Pathogens*, 13(11), e1006622. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006622>
- Marín Pastor, C. (2023). Estudio de la variación en el tamaño corporal de un roedor (*Microtus arvalis*) con dinámica poblacional cíclica [Trabajo Fin de Máster.
- McDonald, K., Burnett, S., & Robinson, W. (2013). Utility of owl pellets for monitoring threatened mammal communities: an Australian case study. *Wildlife Research (East Melbourne, Melbourne, Vic.)*, 40(8), 685. <https://doi.org/10.1071/wr13041>

- Michaux, J. R., De Bellocq, J. G., Sarà, M., & Morand, S. (2002). Body size increase in insular rodent populations: a role for predators? *Global Ecology and Biogeography: A Journal of Macroecology*, 11(5), 427–436. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2002.00301.x>
- Mittermeier, R. A., Rylands, A. B. y Wilson, D. E. (eds.). (2013). *Handbook of the Mammals of the World. Volumen 7: Rodents II*. Barcelona: Lynx Edicions.
- Moya-Costa, R., Cuenca-Bescós, G., & Bauluz, B. (2019). Protocol for the reconstruction of micromammals from fossils: Two case studies: The skulls of *Beremendia fissidens* and *Dolinasorex glyphodon*.
- Patton, J. L., Pardiñas, U. F. J. y D'Elía, G. (eds.). (2015). *Handbook of the Mammals of the World. Volumen 8: Insectivores, Sloths and Colugos*. Barcelona: Lynx Edicions.
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Pastor, R., Luque-Larena, J. J., Lambin, X., & Mougeot, F. (2016). “Living on the edge”: The role of field margins for common vole (*Microtus arvalis*) populations in recently colonised Mediterranean farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231, 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.041>
- Román, J. (2019). *Manual para la identificación de los cráneos de los roedores de la Península Ibérica*.
- Schoenefuss, P., Kutt, A. S., Kern, P. L., Moffatt, K. A., Bon, J., Wardle, G. M., Dickman, C. R., Hurwood, D. A., & Baker, A. M. (2024). An investigation into the utility of eastern barn owl pellet content as a tool to monitor small mammal diversity in an arid ecosystem. *Austral Ecology*, 49(3). <https://doi.org/10.1111/aec.13503>
- Singleton, G. R., Belmain, S. R., & Brown, P. R. (2010). *Rodent outbreaks: Ecology and impacts* (B. & Hardy, Ed.).
- Speakman, J. R., & Król, E. (2007). The physiological costs of reproduction in small mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1488), 373–380. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2145>

Tores, M., Motro, Y., Motro, U., & Yom-Tov, Y. (2005). The barn owl – A selective opportunist predator. *Israel Journal of Zoology*, 51(4), 349–360.  
<https://doi.org/10.1560/7862-9E5G-RQJJ-15BE>

Yom-Tov, Y., & Wool, D. (1997). Do the contents of barn owl pellets accurately represent the proportion of prey species in the field? *The condor*, 99(4), 972.  
<https://doi.org/10.2307/1370149>

## **9. ANEXO: TAMAÑO MUESTRAL**

### 9. ANEXO: Tamaño muestral

**TABLA 9.1.** Tamaño muestral del método de muestreo por egagrópilas. Número de cráneos (Cr) y hemimandíbulas (Hmd) de arvicolinos, múridos y sorícidos (arv., mur. y sor. respectivamente)

Zona	Sesión	Cr. arv.	Cr. mur.	Cr. sor.	Hmd. arv.	Hmd. mur.	Hmd. sor.
PA1	1	43	70	67	87	173	120
	2	23	80	26	47	193	50
	3	50	17	2	96	44	5
	4	118	2	5	230	4	9
	5	53	70	9	107	177	17
PA2	1	33	22	68	69	57	131
	2	63	21	10	124	57	19
	3	70	12	7	145	39	19
	4	101	5	3	211	8	12
	5	71	52	32	143	134	63

## **10. ANEXO: PROPORCIONES**

## 10. ANEXO: Proporciones

**TABLA 10.1.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Zona:Muestreo de proporción de arvicolinos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Zona</b>			
Egas-Trampas (PA1)	0.073±0.164	0.449	0.653
Egas-Trampas (PA2)	-0.042±0.197	-0.213	0.832
<b>Muestreo</b>			
PA1-PA2 (Egagrópilas)	0.556±0.115	4.83	< <b>0.001</b>
PA1-PA2 (Trampas)	0.44±0.23	1.91	0.055

**TABLA 10.2.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Muestreo:Zona:Sesión de proporción de arvicolinos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>PA1</b>			
Egas 1 - Trampas 1	-0.596±0.36	-1.651	0.823
Egas 2 - Trampas 2	-0.098±0.38	-0.258	1.000
Egas 3 - Trampas 3	0.102±0.36	0.282	1.000
Egas 4 - Trampas 4	0.255±0.35	0.730	0.999
Egas 5 - Trampas 5	0.704±0.38	1.870	0.689
<b>PA2</b>			
Egas 1 - Trampas 1	0.625±0.33	1.912	0.661
Egas 2 - Trampas 2	-0.495±0.47	-1.045	0.989
Egas 3 - Trampas 3	-0.877±0.46	-1.914	0.660
Egas 4 - Trampas 4	0.088±0.45	0.196	1.000
Egas 5 - Trampas 5	0.449±0.48	0.940	0.995

**TABLA 10.3.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Zona:Muestreo de proporción de múridos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Zona</b>			
Egas-Trampas (PA1)	0.062±0.154	0.404	0.686
Egas-Trampas (PA2)	0.162±0.192	0.845	0.398
<b>Muestreo</b>			
PA1-PA2 (Egagrópilas)	-0.694±0.111	-6.227	< <b>0.001</b>
PA1-PA2 (Trampas)	-0.594±0.221	-2.684	<b>0.007</b>

**TABLA 10.4.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Sesión:Muestreo de proporción de múridos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Sesión</b>			
Egas-Trampas (1)	0.806±0.232	3.471	< <b>0.001</b>
Egas-Trampas (2)	-0.018±0.295	-0.063	0.950
Egas-Trampas (3)	0.050±0.280	0.178	0.859
Egas-Trampas (4)	-0.291±0.272	-1.072	0.284
Egas-Trampas (5)	0.014±0.291	0.048	0.962

**TABLA 10.5.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Muestreo:Zona:Sesión de proporción de múridos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>PA1</b>			
Egas 1 - Trampas 1	0.060±0.332	0.181	1.000
Egas 2 - Trampas 2	-0.059±0.361	-0.163	1.000
Egas 3 - Trampas 3	-0.256±0.345	-0.743	0.999
Egas 4 - Trampas 4	-0.212±0.331	-0.639	1.000
Egas 5 - Trampas 5	0.777±0.347	2.236	0.432
<b>PA2</b>			
Egas 1 - Trampas 1	1.552±0.324	4.786	< <b>0.001</b>
Egas 2 - Trampas 2	0.022±0.467	0.047	1.000
Egas 3 - Trampas 3	0.356±0.441	0.808	0.998
Egas 4 - Trampas 4	-0.371±0.431	-0.861	0.997
Egas 5 - Trampas 5	-0.749±0.468	-1.600	0.849

**TABLA 10.6.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Zona:Muestreo de proporción de sóricidos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Zona</b>			
Egas-Trampas (PA1)	0.132 ± 0.139	0.948	0.343
Egas-Trampas (PA2)	0.138 ± 0.167	0.826	0.409
<b>Muestreo</b>			
PA1-PA2 (Egagrópilas)	0.215 ± 0.097	2.225	<b>0.026</b>
PA1-PA2 (Trampas)	0.221 ± 0.195	1.134	0.257

**TABLA 10.7.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Sesión:Muestreo de proporción de sóricidos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Sesión</b>			
Egas-Trampas (1)	0.785 ± 0.212	3.707	<b>&lt;0.001</b>
Egas-Trampas (2)	0.064 ± 0.254	0.251	0.802
Egas-Trampas (3)	-0.141 ± 0.250	-0.564	0.573
Egas-Trampas (4)	-0.120 ± 0.248	-0.485	0.628
Egas-Trampas (5)	0.088 ± 0.252	0.349	0.727

**TABLA 10.8.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Muestreo:Zona:Sesión de proporción de sóricidos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>PA1</b>			
Egas 1 - Trampas 1	1.159 ± 0.304	3.815	<b>0.005</b>
Egas 2 - Trampas 2	-0.134 ± 0.320	-0.419	1.000
Egas 3 - Trampas 3	-0.256 ± 0.309	-0.829	0.998
Egas 4 - Trampas 4	-0.247 ± 0.306	-0.807	0.998
Egas 5 - Trampas 5	0.138 ± 0.317	0.435	1.000
<b>PA2</b>			
Egas 1 - Trampas 1	0.410 ± 0.294	1.395	0.929
Egas 2 - Trampas 2	0.261 ± 0.394	0.663	1.000
Egas 3 - Trampas 3	-0.025 ± 0.391	-0.064	1.000
Egas 4 - Trampas 4	0.007 ± 0.390	0.017	1.000
Egas 5 - Trampas 5	0.038 ± 0.392	0.098	1.000

## **11. ANEXO: LONGITUDES CORPORALES**

## 11. ANEXO: Longitudes corporales

**TABLA 11.1.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Zona:Muestreo de la longitud de arvicolinos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Df	Z Value	P (> Z )
<b>Zona</b>				
Egas-Trampas (PA1)	-1.99 ± 1.50	1288	-1.320	0.187
Egas-Trampas (PA2)	-7.96 ± 3.33	1288	-2.389	<b>0.017</b>
<b>Muestreo</b>				
PA1-PA2 (Egagrópilas)	3.80 ± 1.37	1288	2.771	<b>0.006</b>
PA1-PA2 (Trampas)	-2.18 ± 3.39	1288	-0.644	0.520

**TABLA 11.2.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Sesión:Muestreo de la longitud de arvicolinos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Df	Z Value	P (> Z )
<b>Sesión</b>				
Egas-Trampas (1)	-8.28 ± 7.73	1288	-1.071	0.284
Egas-Trampas (2)	-4.74 ± 2.57	1288	-1.845	0.065
Egas-Trampas (3)	-10.81 ± 1.85	1288	-5.836	<b>&lt; 0.001</b>
Egas-Trampas (4)	-8.41 ± 1.38	1288	-6.099	<b>&lt; 0.001</b>
Egas-Trampas (5)	7.38 ± 3.44	1288	2.147	<b>0.032</b>

**TABLA 11.3.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Sesión:Zona:Muestreo de la longitud de arvicolinos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

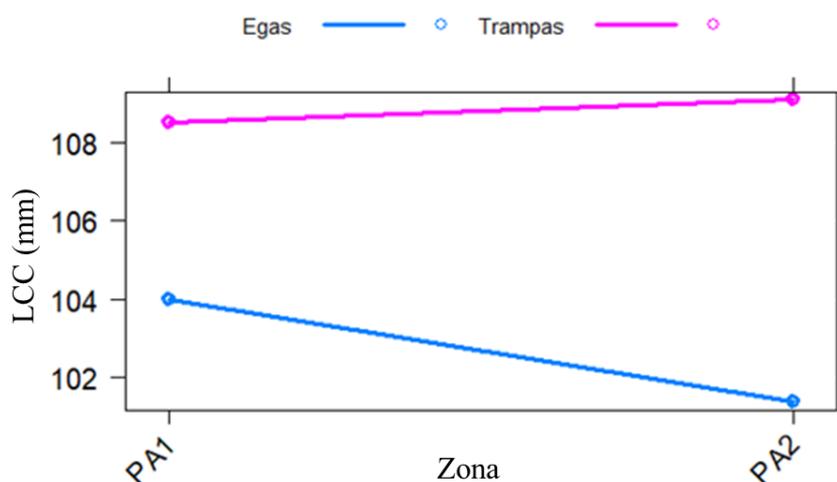
Predictores	Estimate ± Se	Df	Z Value	P (> Z )
<b>PA1</b>				
Egas 1 - Trampas 1	2.397 ± 3.13	1288	0.767	0.999
Egas 2 - Trampas 2	-5.031 ± 2.53	1288	-1.985	0.610
Egas 3 - Trampas 3	-5.411 ± 2.38	1288	-2.270	0.409
Egas 4 - Trampas 4	-10.405 ± 1.87	1288	-5.568	<b>&lt; 0.001</b>
Egas 5 - Trampas 5	8.523 ± 5.58	1288	1.526	0.882
<b>PA2</b>				
Egas 1 - Trampas 1	-18.962 ± 15.15	1288	-1.252	0.964
Egas 2 - Trampas 2	-4.447 ± 4.47	1288	-0.995	0.992
Egas 3 - Trampas 3	-16.217 ± 2.84	1288	-5.714	<b>&lt; 0.001</b>
Egas 4 - Trampas 4	-6.424 ± 2.03	1288	-3.164	0.051
Egas 5 - Trampas 5	6.235 ± 4.01	1288	1.556	0.869

**TABLA 11.4.** Variables asociadas a la longitud de arvicolinos con la medición 1. Resultados del modelo lineal (LM) (prueba Wald X2 tipo III). Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	X <sup>2</sup>	Df	P (>X <sup>2</sup> )
Sesión	30.891	4	<b>&lt; 0.001</b>
Zona	0.070	1	0.791
Muestreo	5.349	1	<b>0.021</b>
Muestreo:Zona	5.952	4	0.203
Muestreo:Sesión	30.089	4	<b>&lt; 0.001</b>
Zona:Muestreo	1.986	1	0.159

**TABLA 11.5.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Zona:Muestreo de la longitud de arvicolinos con la medición 1 mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

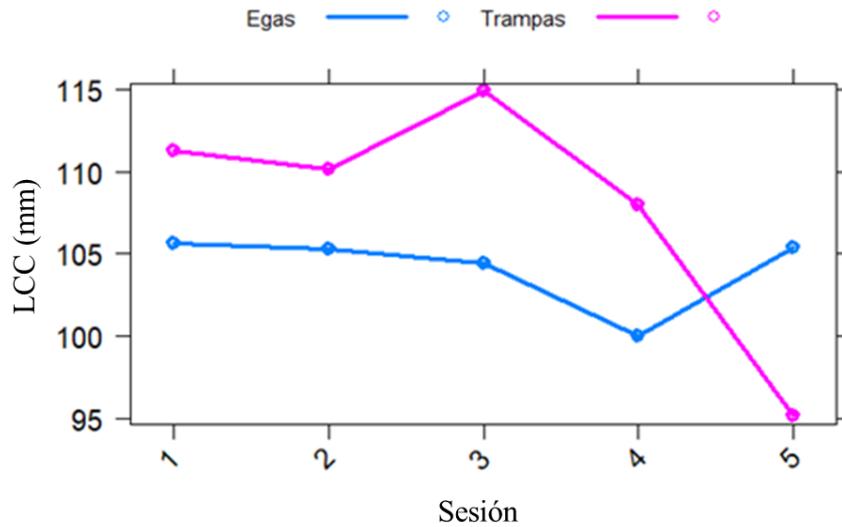
Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Zona</b>			
Egas-Trampas (PA1)	-1.72 ± 1.57	-1.098	0.272
Egas-Trampas (PA2)	-7.10 ± 3.48	-2.042	<b>0.041</b>
<b>Muestreo</b>			
PA1-PA2 (Egagrópilas)	3.19 ± 1.43	2.234	<b>0.026</b>
PA1-PA2 (Trampas)	-2.18 ± 3.54	-0.617	0.537



**FIGURA 11.1.** Efecto de la zona en la longitud de los arvicolinos según los dos tipos de muestreo con la medición 1.

**TABLA 11.6.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Sesión:Muestreo de la longitud de arvicolinos con la medición 1 mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

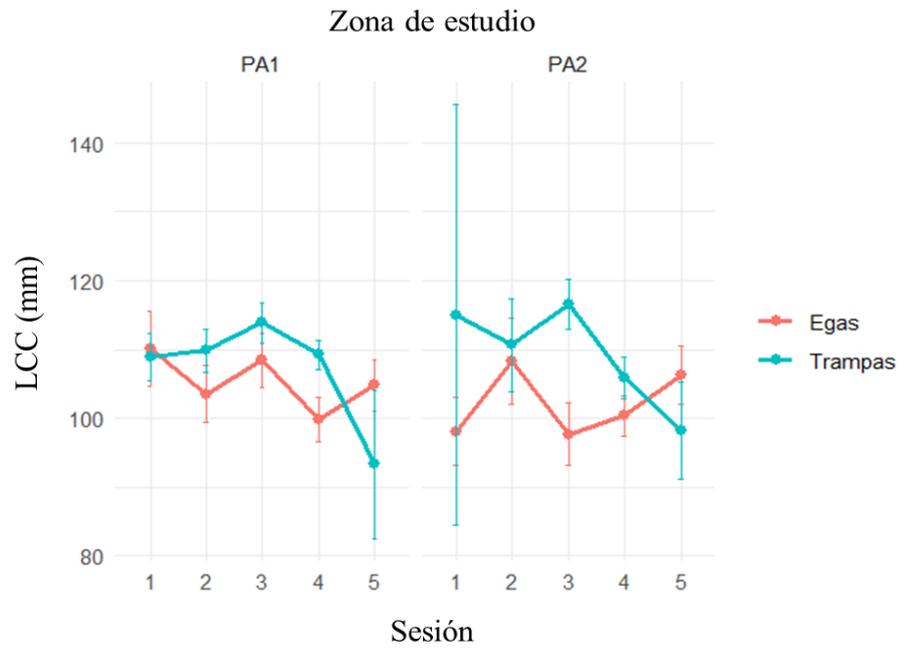
Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>Sesión</b>			
Egas-Trampas (1)	-7.89 ± 8.06	-0.978	0.328
Egas-Trampas (2)	-4.37 ± 2.68	-1.631	0.103
Egas-Trampas (3)	-12.14 ± 1.93	-6.284	<b>&lt;0.001</b>
Egas-Trampas (4)	-7.44 ± 1.44	-5.171	<b>&lt;0.001</b>
Egas-Trampas (5)	9.79 ± 3.58	2.731	<b>0.006</b>



**FIGURA 11.2.** Efecto de la sesión en la longitud de arvicolinos según los dos tipos de muestreo con la medición 1.

**TABLA 11.7.** Resultados del análisis post-hoc para la interacción Sesión:Zona:Muestreo de la longitud de arvicolinos mediante test de Tukey. Los valores P significativos se resaltan en negrita.

Predictores	Estimate ± Se	Z Value	P (> Z )
<b>PA1</b>			
Egas 1 - Trampas 1	1.17 ± 3.26	0.359	1.000
Egas 2 - Trampas 2	-6.36 ± 2.64	-2.408	0.321
Egas 3 - Trampas 3	-5.47 ± 2.49	-2.201	0.456
Egas 4 - Trampas 4	-9.41 ± 1.95	-4.828	<b>&lt;0.001</b>
Egas 5 - Trampas 5	11.46 ± 5.82	1.968	0.622
<b>PA2</b>			
Egas 1 - Trampas 1	-16.94 ± 15.80	-1.072	0.987
Egas 2 - Trampas 2	-2.37 ± 4.66	-0.509	1.000
Egas 3 - Trampas 3	-18.82 ± 2.96	-6.358	<b>&lt;0.001</b>
Egas 4 - Trampas 4	-5.47 ± 2.12	-2.584	0.225
Egas 5 - Trampas 5	8.12 ± 4.18	1.942	0.640



**FIGURA 11.3.** Efecto de la sesión en la longitud de arvicolinos para cada tipo de muestreo y en cada zona por separado con la medición 1.