



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DEL JABALÍ Y CORZO DEL VALLE DE LEITZARAN MEDIANTE FOTOTRAMPEO

DANIEL CORREJES GREGORIO

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ciencias Ambientales

Curso 2023/2024

Tutora: Ana Saenz de Olazagoitia Blanco

Cotutor: Victor Gallego Albiach

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	2
3. Metodología.....	3
3.1. Materiales.....	3
3.2. Método REM.....	4
4. Desarrollo.....	6
4.1. Área de estudio.....	6
4.2. Descripción del trabajo.....	7
5. Resultados y discusión.....	13
6. Conclusión.....	21
7. Bibliografía.....	24

RESUMEN

La administración de Gipuzkoa desea conocer el estado de las especies cinegéticas que habitan en el Valle de Leizaran, en concreto el jabalí y el corzo, ya que sus poblaciones provocan daños a los cultivos, la biodiversidad, la ganadería, la salud pública y los accidentes en carretera [3]. Por ello, calculando su densidad se estima el tamaño de la población, de manera que su gestión permita realizar un uso cinegético sin llegar a perjudicar su estado.

A su vez, los datos recabados en este proyecto se comparten con EOW (*The European Observatory of Wildlife*) como parte del proyecto ENETWILD, que pretende mejorar y complementar las capacidades europeas para el seguimiento de las poblaciones de la vida silvestre. Cabe destacar que para su fin utiliza el método REM (*Random Encounter Model*), ya que es un método que permite estimar la densidad y la abundancia de especies [3] y en él se basan los resultados de los “puntos de observación” de los colaboradores.

En consecuencia, la estimación de la densidad poblacional del jabalí y de corzo de este proyecto se basan en el método REM, explicando el trabajo realizado en campo y en el gabinete además de los resultados obtenidos. A su vez, el área de estudio en el valle de Leizaran se establece como punto de observación de EOW, el cual se seguirá estudiando los años venideros, englobando el resto de especies que habitan en él.

1. INTRODUCCIÓN

Los daños a los cultivos, la biodiversidad, la ganadería, la salud pública y los accidentes en carretera son cada vez más frecuentes a medida que aumentan las poblaciones de ciertas especies de animales [3]. Estos daños se pueden evitar y/o reducir mediante el seguimiento de dichas especies ya que la disponibilidad de datos ayuda a la toma de decisiones de gestión. Por ejemplo, la estima de densidades de población resulta de suma importancia para la conservación y la gestión sostenible de las poblaciones de fauna.

Los ungulados salvajes suelen tener un papel dominante en el desarrollo de los países europeos, asociándose también a conflictos con las actividades humanas, principalmente agrícolas y forestales [4]. Así, al monitorear sus tendencias poblacionales mejoran las estimaciones del tamaño de la población (abundancia absoluta) y la densidad (tamaño de la población por unidades de área). Estos datos permiten desarrollar la gestión y evaluar riesgos.

En este proyecto se estudia el jabalí (*Sus scrofa*) ya que tiene una de las áreas de distribución geográfica más amplias de todos los mamíferos, y el corzo (*Capreolus capreolus*) ya que es una especie que ha presentado un gran aumento tanto en sus poblaciones como en su distribución. Además, obtener datos sobre estas especies, también es esencial para calibrar otras predicciones y definir un rango de valores en grandes áreas.

Al aumentar el tamaño de las poblaciones, los contactos entre especies aumentan, por lo que puede haber un incremento de las enfermedades en el ganado y en los humanos. Es el caso de la peste porcina africana en Europa y el caso del jabalí como huésped salvaje que ha mantenido el foco principal del proyecto ENETWILD desde su inicio, que para obtener un seguimiento de la vida salvaje ha fundado EOW (Observatorio europeo de vida silvestre). Cabe destacar que esta iniciativa está financiada por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) [3].

EFSA es una agencia de la Unión Europea fundada en 2002, dedicada a brindar asesoramiento científico imparcial a los gestores de riesgos y a comunicar los riesgos asociados a la cadena alimentaria [2].

ENETWILD recopila datos sobre la distribución geográfica y la abundancia de huéspedes silvestres para validarlos y agregarlos de manera armonizada a una base de datos. También vincula la red existente de datos con otros grupos europeos o internacionales activos en el ámbito de la vigilancia de las poblaciones de vida silvestre. Para ello, resulta de interés promover el desarrollo y adopción de protocolos armonizados para evaluaciones de presencia y recuentos de poblaciones además de estandarizar el formato de datos y evaluar su calidad.

[3]

De este modo, EOW nace como un enfoque colaborativo internacional que beneficia la conservación y gestión de la vida silvestre en Europa. EOW establece una red europea de “puntos de observación” que utilizan protocolos comunes para la estimación de poblaciones y la estandarización de datos para facilitar la armonización y la interoperabilidad entre países [3].

La determinación y el seguimiento de las tendencias de la población de vida silvestre permiten obtener datos de referencia para compararlos a lo largo del tiempo, proporcionando una mejor comprensión de los procesos ecológicos, epidemiológicos y socioeconómicos. A su vez, esta información tras ser analizada es fundamental para la futura toma de decisiones con base técnica y científica.

La evaluación de riesgos en relación con la transmisión de patógenos entre la vida silvestre, el ganado y los humanos requiere el conocimiento de la distribución geográfica y la abundancia de las especies de vida silvestre que pueden representar un reservorio de patógenos y vectores de enfermedades [3].

Por ello, dada la diversidad de métodos que existen para el muestro de ungulados se ha optado por utilizar el método REM (modelo de encuentro aleatorio), que es uno de los métodos más utilizados para estimar las densidades de especies [2]. El método REM se basa en modelar encuentros aleatorios entre individuos en movimiento y las cámaras trampa estáticas, que tienen en cuenta la zona de detección de la cámara (definida por su radio y ángulo) y la distancia recorrida por un animal en la población.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es estimar las densidades de las especies cinegéticas *Sus scrofa* y *Capreolus capreolus* en los montes del Valle Leitzaran con el fin de aportar datos a la administración de Gipuzkoa debido a que el aumento de estas poblaciones requiere una toma de decisiones y una gestión adecuada con el fin de reducir los daños a cultivos, a la biodiversidad, a la ganadería, a la salud pública y a la siniestralidad en carretera.

A su vez, la zona de estudio pasa a ser un punto de observación del observatorio europeo de vida silvestre (EOW) dentro del proyecto ENETWILD. Este punto se mantendrá para los siguientes años para realizar seguimientos en el aumento de población, cambios en la distribución y los contactos entre la vida silvestre, el ganado y los humanos.

Para el seguimiento de la peste porcina africana y el caso del jabalí como huésped salvaje, se proporciona información a EFSA a través del proyecto ENETWILD mediante el monitoreo de la distribución del jabalí en el área de estudio.

Por último, los datos recabados han de facilitar la armonización y la interoperabilidad entre países, por ello se obtienen mediante el método REM (al igual que el resto de países que colaboran con ENETWILD). Dichos datos también pasan a formar parte del repositorio común de datos europeo.

3. METODOLOGÍA

Existen diferentes métodos para estimar la densidad de población de animales, pero no todos los métodos resultan totalmente eficaces ya que dependen de factores como la orografía de la zona y la densidad, distribución y comportamiento de los individuos. Por ello se ha optado por el método REM, siendo un método mínimamente invasivo que genera información sobre múltiples especies (incluso aquellas que son esquivas o de baja densidad). Además, resulta rentable pese a la inversión inicial en un número considerable de cámaras de fototrampeo.

3.1. MATERIALES

Los materiales necesarios para llevar a cabo las distintas tareas de este trabajo han sido los siguientes:

- 40 cámaras de fototrampeo (*Browning Strike Force HD Pro*) configurada con batería, tarjeta de memoria y cableado de seguridad para evitar robos.

Los detalles de las cámaras son los siguientes:

- Sensibilidad y alcance máximo de 24 metros.
- Ángulo de detección del sensor de movimiento es de 30°.
- Campo de visión de 45°.
- Modo de disparo de 8 fotos seguidas configurado con 1 segundo entre ellas.
- 2 varas de 1 metro con marcas cada 20 cm para la calibración de las cámaras.
- 2 GPS para el registro de coordenadas geográficas.
- 2 vehículos todoterreno.
- Software ArcSig Desktop.

Se trata de un sistema de información geográfica que proporciona herramientas para el mapeo y el razonamiento espacial, además de recopilar, organizar, analizar, compartir y distribuir dicha información.

- Software AGOUTI

Se trata de una plataforma web de asistencia para procesar y gestionar las imágenes obtenidas. Las cámaras de fototrampeo generan gran cantidad de imágenes que deben ser analizadas y AGOUTI utiliza inteligencia artificial para reconocer automáticamente las especies animales y filtrar imágenes que no han capturado información de interés. Además, permite utilizar los avistamientos de mamíferos registrados para estimar el número y la distribución de diferentes especies.

- R (lenguaje de programación)

Es un lenguaje de programación especializado para el análisis de datos

3.2. MÉTODO REM

La estimación de la densidad de especies es de fundamental importancia para el manejo de la vida silvestre. REM elimina el requisito del reconocimiento individual de animales modelando el proceso de contacto entre cámaras y animales en movimiento y estáticos [9].

El método REM ha demostrado ser un método fiable en una amplia gama de escenarios ambientales, habiéndose consolidado como uno de los métodos de referencia. Además, su relación esfuerzo-resultado es mejor que otros métodos utilizados para el cálculo de densidades poblacionales [8].

Este método utiliza cámaras trampa, que son una de las herramientas más utilizadas, usándose en métodos bien conocidos y prometedores para monitorear especies terrestres [8]. Se trata cámaras fijas generalmente activadas por sensores infrarrojos pasivo que “atrapan” imágenes de animales que pasan por delante [9].

Cabe destacar que las cámaras de fototrampeo son mínimamente invasivas y que proporcionan información sobre múltiples especies, incluidas aquellas que son esquivas o se encuentran en bajas densidades. Estas cámaras pueden dejarse sin supervisión en el campo durante varias semanas o meses siempre y su batería lo permita, y aunque requieren una cierta inversión inicial, resultan rentables a largo plazo.

El método REM tiene en cuenta las distancias recorridas por la población objetivo, la distancia y el ángulo en el que los sensores de la cámara detectan animales [9]. Para obtener estas variables es necesario realizar una serie de trabajos previos en la plataforma AGOUTI que se describen en el desarrollo del trabajo.

Para la colocación de las cámaras se utiliza un modelo aleatorio donde se obtienen tantas coordenadas como cámaras se quieran colocar de forma que no se tiene en cuenta atrayentes para las especies ni zonas de paso.

Haciendo uso del GPS, las cámaras se colocan lo más cerca posible del punto que se obtuvo previamente de forma aleatoria, atada a un árbol a 50 cm del suelo, asegurándose de que el campo de visión es efectivo para que cuando capture la imagen del animal se pueda ver la trayectoria que realiza figura 4. Una vez está instalada, se realiza la calibración (figura 5 y 7), que consiste en colocar delante de la cámara un poste de un metro dividido en secciones de 20 cm. Dicha acción se realiza un mínimo de 20 veces abarcando toda el área de visión de la cámara en la que el poste debe colocarse recto mientras toca el suelo.

Una vez se recogen las cámaras, los datos se exportan a AGOUTI, una plataforma que trabaja con inteligencia artificial. En esta plataforma, se ingresan manualmente los datos necesarios (metodología explicada detalladamente en el desarrollo) para que, al exportarse a "R", se puedan calcular las variables pertinentes y así obtener conclusiones sobre las poblaciones de las especies [3].

El modelo de encuentro aleatorio (REM), junto con el cálculo de distancia de las cámaras trampa y los métodos relacionados para estimar la densidad de animales de interés, requiere información sobre las posiciones de los animales en relación con la cámara, el tamaño de la zona de detección de la cámara y la velocidad de movimiento de los animales.

Las posiciones se estiman mediante un proceso de visión por computadora que mapea las posiciones de los píxeles de la imagen con las posiciones reales del terreno en relación con la cámara. Este "mapa" se utiliza para estimar las posiciones de los animales en cada serie de fotografías tomadas por las cámaras.

Los datos proporcionados permiten estimar la densidad de poblaciones utilizando tres parámetros básicos [8]:

- Tasa de encuentro ($\frac{y}{t}$): número de veces que los animales ingresan en la zona de detección de las cámaras, sin considerar ningún lapso de tiempo.
- Zona de detección (r y θ): área visible de las cámaras por donde pasan los animales.
- Rango diurno: distancia media diaria recorrida por individuo de la población.

La fórmula para calcular la densidad (D) es la siguiente:

$$D = \frac{y}{t} \cdot \frac{\pi}{v \cdot r \cdot (2 + \theta)}$$

D = Densidad

r = Radio efectivo

y = Números de encuentros

t = Esfuerzo total del trabajo

v = Rango diario recorrido por el individuo

θ = Ángulo de la zona de detección de la cámara

4. DESARROLLO

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El motivo de que el área de estudio se encuentre en el Valle de Leizaran, se debe a que la administración de Gipuzkoa tiene especial interés en recabar datos de presencia y densidad de las especies que habitan en esa zona, con especial interés en el jabalí y el corzo, cuyas poblaciones están creciendo por lo que aumentan los daños que causan a cultivos, la biodiversidad, la ganadería, la salud pública además de los accidentes en carretera [4].

Y así, el área de estudio del Valle de Leizaran pasa a formar parte de la red de puntos de vigilancia del EOW que permanecerá para seguir recabando información a lo largo de los años para el seguimiento de las especies.

En cuanto al Valle de Leizaran, se sitúa en la zona oriental del Territorio Histórico de Gipuzkoa, lindando con la Comunidad Foral de Navarra. El área estudiada comprende 3.493,07 ha, donde se localiza el monte de utilidad pública nº 1.031,2, Leizarango Basoak. Este monte de utilidad pública tiene una superficie total de 3.136,60 hectáreas, ocupando casi el 90% del área de estudio.

Aunque siempre ha sido una zona poco habitada, el área muestra numerosas evidencias de la actividad humana a lo largo del tiempo: restos prehistóricos, pastoreo, explotación forestal, minería y, especialmente, el uso de sus recursos hídricos en ferrerías, centrales hidroeléctricas y molinos harineros. Este conjunto de elementos constituye un valioso patrimonio histórico y cultural. [1]

Cinegéticamente hablando, el área de estudio se encuentra dentro de la Zona de Caza Controlada (ZCC) nº 7, Tolosaldea. Las especies cinegéticas de caza mayor presente en la zona de estudio son el jabalí y el corzo, siendo que de ambas se hace aprovechamiento cinegético.

En la figura 1 se observa el perímetro que comprende el área de estudio con algunas referencias y su ubicación en el País Vasco.

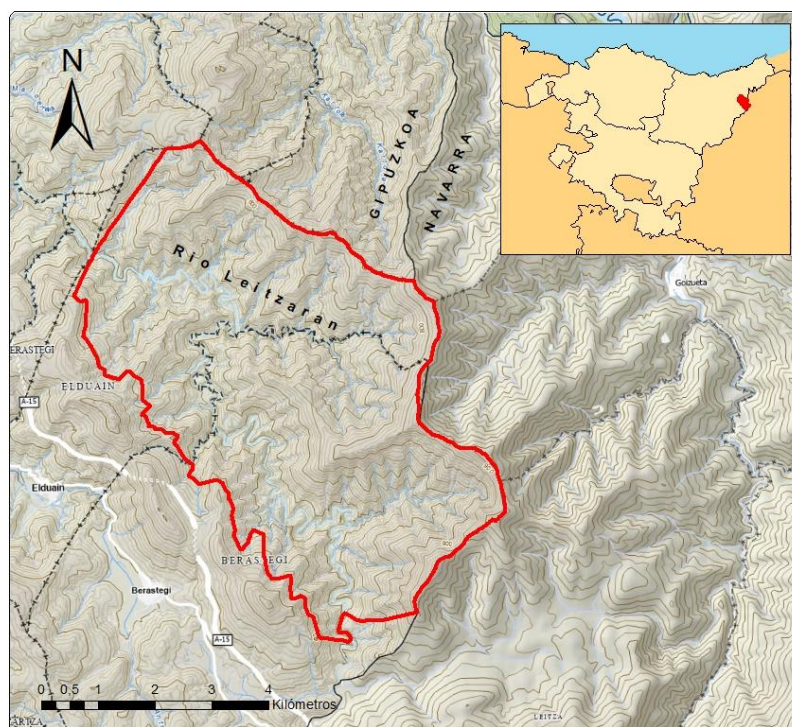


FIGURA 1. Localización en mapa del área de estudio en el Valle de Leitzaran. (Fuente: GeoEuskadi).

4.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Una vez el área de estudio está definida, mediante herramienta SIG se establece una malla de 1x1 km abarcando toda el área obteniendo 40 celdas. De cada celda de esta cuadrícula se ha obtenido el centroide (figura 2) y con ello sus coordenadas para conocer los lugares aproximados donde se pueden establecer las cámaras de fototrampeo.

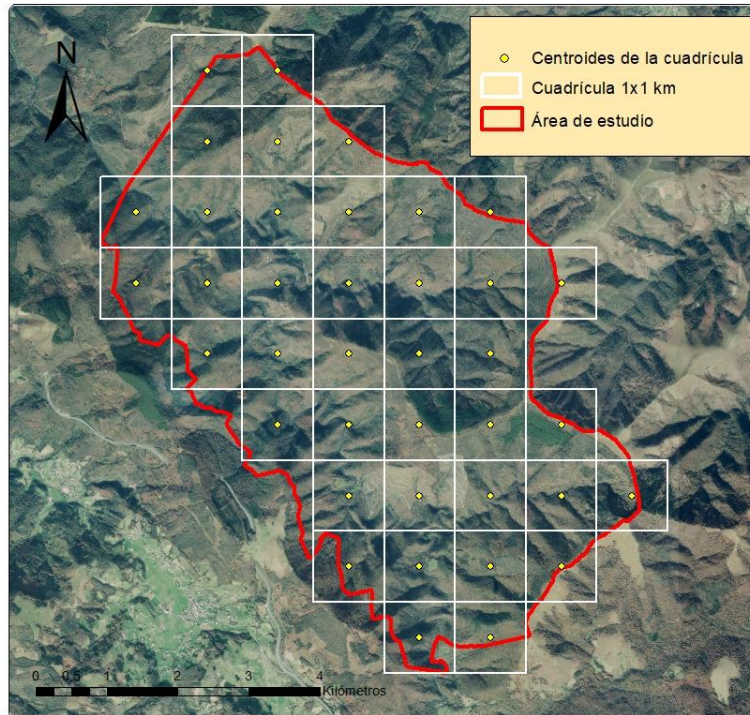


FIGURA 2. Localización de los centroides de la cuadrícula abarcando toda el área de estudio. (Fuente: GeoEuskadi).

Una vez se acude a la zona de estudio para colocar las cámaras puede que el centroide se encuentre en alguna zona de difícil acceso, así que la cámara se establece en otra ubicación dentro de un radio de 100 metros del centroide. Las ubicaciones finales y numeración de las cámaras se encuentran identificadas en la figura 3.

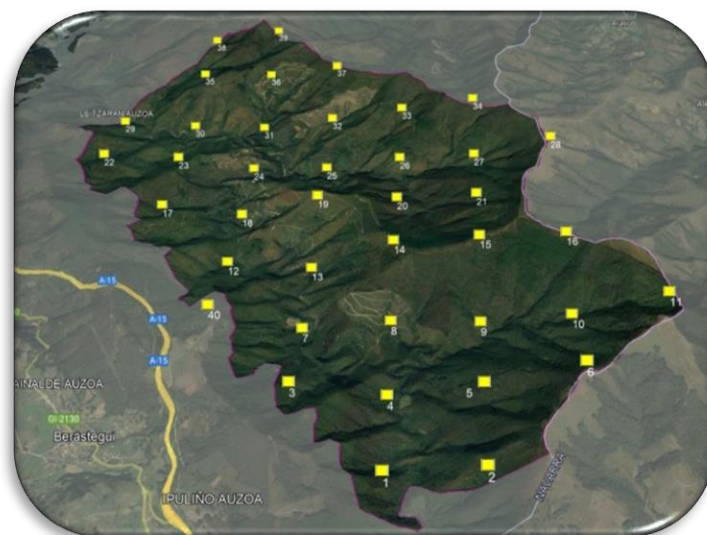


FIGURA 3. Localización y numeración final de las cámaras de fototrampeo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Una vez ubicados en el punto de colocación de las cámaras, se escoge un árbol donde ésta se sujeta a 50 cm del suelo con un cable de seguridad (para evitar el robo) y orientada al norte, porque de esta forma se evita que la luz quemé la imagen al incidir sobre ella mientras saca fotos.

En cuanto al árbol, éste tiene que ser robusto para que no se balancee con el viento (ya que podría sacar imágenes sin interés), que permita que la cámara tenga un amplio rango de visión y se encuentre en una zona despejada con maleza baja. En caso contrario, se limpiaría el material que pueda interferir negativamente en la captura de imágenes figura 4.



FIGURA 4. Ejemplo de colocación de una cámara de fototrampeo. Autor: Daniel Correjes.

Seguidamente la cámara se calibra haciendo uso de un poste de 1 metro dividido en secciones de 20 cm. Esta vara sirve para calibrar las cámaras, relacionando los píxeles de las imágenes con la distancia real una vez se analicen las fotografías, por lo que se han de capturar más de 20 puntos en los que la vara esté en contacto con el suelo y completamente recto (figura 5 y 8). Para facilitar la labor en el ordenador se hace una señal para indicar que la vara está correctamente colocada (ej. pulgar levantado). Dicho trabajo se realiza al colocar la cámara y al quitarla porque existe la posibilidad de que un animal cambie el ángulo de visión al rozarse con ella.

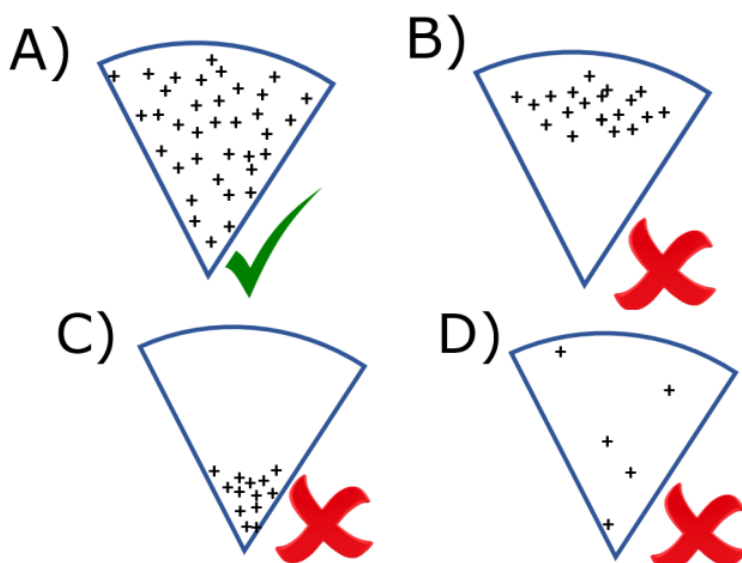


FIGURA 5. Ejemplo de calibración en la colocación de una cámara de fototrampeo. (Fuente: *European observatory of wildlife*, 2022).

En la figura 5 las cruces representan las veces que el poste de calibración está tocando el suelo. El ejemplo A representa una correcta calibración (marcando más de 20 puntos en toda el área de visión de forma homogénea). Los ejemplos B, C y D representan una mala calibración; en los ejemplos B y C los puntos no cubren toda el área de visión; En el ejemplo D los puntos son insuficientes.

Las cámaras se dejaron hasta un máximo de 67 días, colocándolas durante el mes de enero (días 9, 16, 17, 18, y el 19) y recogidas en el mes de marzo (días 6, 7 y 15). Al estar expuestas al público, se asume la posibilidad de que algunas cámaras no se encuentren porque hayan sido robadas, y de hecho faltaron un total de 5 cámaras, repercutiendo de económicamente y perdiendo la información asociada a esas ubicaciones.

Cabe apuntar que las cámaras se dejaron hasta el 11 de mayo del 2024, pero se acabó por desestimar los datos de ese periodo debido a que hubo un elevado crecimiento de la vegetación del sotobosque, tapando así el área de visión de las cámaras de fototrampeo. Como se ve en la figura 6.



FIGURA 6. Cambio de vegetación en el rango visual de una cámara de fototrampeo al entrar la primavera comparando el día 6 de marzo del 2024 con el día 11 de mayo de 2024.

(Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Una vez se han recogido todas, se realiza una copia de seguridad y se suben a la plataforma AGOUTI con la coordenada de la cámara, donde por inteligencia artificial (IA) se separan las imágenes en secuencias. Esta plataforma al tener en cuenta la fecha y hora, agrupa una serie de imágenes cuya fecha indica que el animal que se está moviendo es el mismo. En la figura 7 se muestra una secuencia del movimiento de un corzo a lo largo del rango visual de la cámara de fototrampeo.



FIGURA 7. Movimiento del corzo a lo largo del rango visual de la cámara de fototrampeo.

(Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Además, hay secuencias en las que AGOUTI identifica cuántos y qué tipo de animal es detectado o si la secuencia es irrelevante porque no aparece nada de interés. En cualquier caso, aunque la IA puede resultar de gran ayuda, de momento no es fiable al 100%, por lo que hay que revisar manualmente todas las secuencias, resultando que gran parte de estas no se identifican correctamente.

Seguidamente las secuencias de imágenes se identifican como: despliegue de calibración, especie de animal, irrelevante o desconocido.

Para el “despliegue de calibración” se utiliza una secuencia en la que se pasa por todo el rango de visión de la cámara con una vara dividida en 5 secciones, de modo que para calibrarlo hay que marcar en cada imagen dos puntos (en la que la vara toca el suelo), el punto más alto y el punto más bajo del poste que permitan verse. Tiene que haber un mínimo de 20 imágenes como la que se muestra en la figura 8.



FIGURA 8. Ejemplo práctico de cómo se coloca el poste de calibración y la señal que indica que está tocando el suelo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

En cuanto a “especie de animal”, por cada individuo que aparezca en la secuencia, se identifica el animal con el nombre científico y se crea una trayectoria en la que se marcan todas las veces que una pata toca el suelo hasta terminar con la secuencia. Cabe destacar que la pata del individuo que se esté analizando tiene que ser siempre la misma, como en la figura 9 que en su caso se ha marcado la pata delantera izquierda.



FIGURA 9. Recorrido de un jabalí en el que se marca la pata delantera izquierda. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

La secuencia se puede marcar como “irrelevante” cuando la secuencia no proporciona ninguna información por motivos de viento, lluvia, niebla u otros factores.

Por último, se marca como “desconocido” en los casos en los que se observa una parte de algún animal, pero no se puede identificar con exactitud a que especie corresponde.

Posteriormente los datos analizados por AGOUTI se exportan a R, lenguaje de programación especializado en el análisis de datos, que en este caso utilizando los parámetros básicos (punto 3.2 Método REM) y otros datos exportados del estudio, proporciona las densidades y otros resultados (explicados en el punto 5 resultados y discusión).

Para este estudio se ha utilizado un *script* que posee Araba Cazadores Gestión, el cual indica los pasos a seguir una vez se está trabajando en R.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez las cámaras se recogen y son analizadas, se observa que en la zona de estudio ubicada en Leitzaran además de las especies estudiadas (*Capreolus capreolus* y *Sus scrofa*) también se encuentran especies como la *Genetta genetta*, *Meles meles*, *Martes martes*, *Sciurus vulgaris*, *Felis silvestris* y *Vulpes vulpes* (figura 10) además de pequeños roedores y ganado de diferentes especies como *Equus caballus*, *Ovis orientalis aries* y *Bos taurus*.



FIGURA 10. Cuadro de algunas especies que habitan en el Valle de Leitzaran. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

En cuanto al resto de especies ajenas a la motivación del estudio, no sería posible calcular la densidad debido a que no se ha obtenido contactos suficientes (mínimo de 100 contactos necesarios) exceptuando a la ardilla (*Sciurus vulgaris*) de la que se obtuvo alrededor de 250 contactos.

En la figura 11 se muestran las 35 cámaras de las cuales se obtuvo información, faltando la L11, L19, L27, L31 y L39, que fueron sustraídas. Como se puede apreciar, hay cámaras que se han dividido en dos (ej: L3a y L3b), debido a que durante el periodo que estuvo colocada en el campo se ha movido por algún animal que al rozarse con ella cambia de ángulo de visión. Al recalibrar las cámaras antes de recogerlas, los datos se han podido analizar, de lo contrario se habría perdido información.

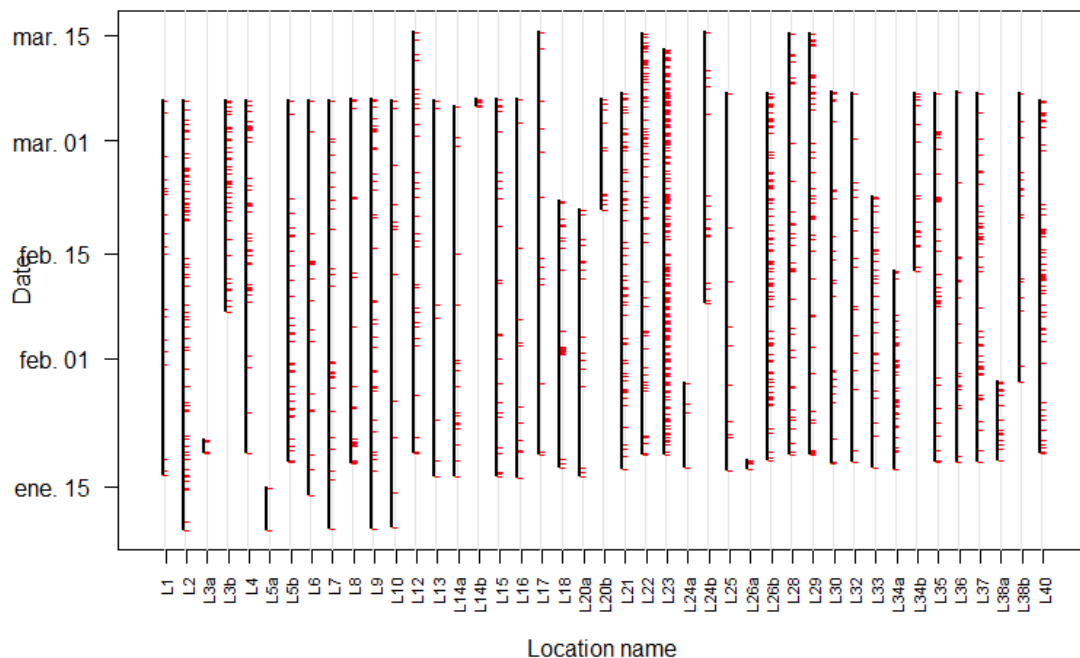


FIGURA 11. Descripción general del tiempo activo y toma de fotos de las cámaras de fototrampeo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Las líneas negras representan el tiempo que las cámaras han estado operativas, dividiéndose en dos en los casos en los que la cámara ha cambiado el ángulo de visión, por lo que se observa un espacio en blanco entre los dos periodos, ya que se han eliminado las fotos tomadas mientras la cámara estaba siendo movida.

Hay que apuntar que los datos de la fecha y hora se obtienen a partir de inteligencia artificial, que analiza el marco inferior de la fotografía (figura 9) agrupando las imágenes en secuencias. Por ello la cámara se configura antes de ser instalada.

Los puntos rojos marcan las secuencias de fotografías cuando la cámara es activada por alguna perturbación por infrarrojos (ya sea animal, niebla, viento, hojas, lluvia, etc). Como se puede observar en la L23, es la que más imágenes y secuencias tiene de todas (306 secuencias). Esto se debe a que un roedor (probablemente un ratón) pasa repetidas veces por delante de ésta y en consecuencia, la activa.

En cuanto a la efectividad de detección está relacionada con el campo de visión siendo distinta cuando varía el ángulo. Se considera que el ángulo igual a 0 está en el centro del campo de visión, y se asume que la zona de detección es simétrica, siendo que el ángulo igual a 0 tiene una probabilidad de detección del 100% y a medida que se aleja a los extremos, esta probabilidad baja hasta llegar al 40%.

Estos datos son variables que se tienen en cuenta para calcular la zona de detección (r y θ), que es uno de los parámetros básicos de la ecuación 1.

Como vemos en las figuras 12 y 13, a medida que el ángulo es mayor (es decir, se desplaza hacia la izquierda o hacia la derecha) la probabilidad de detectar a un animal baja.

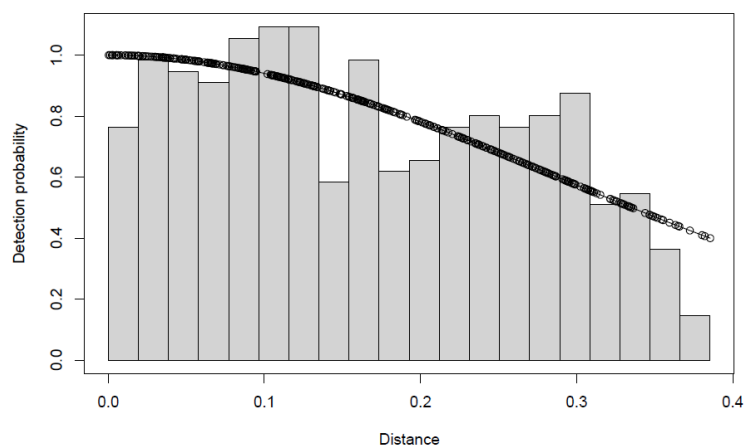


FIGURA 12. Efectividad de detección del jabalí en las cámaras de fototrampeo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

La efectividad de detección en el caso del jabalí llega a disminuir un 60%, siendo del 100% cuando se encuentra en el ángulo igual a 0 y del 40% cuando el ángulo es igual a 40.

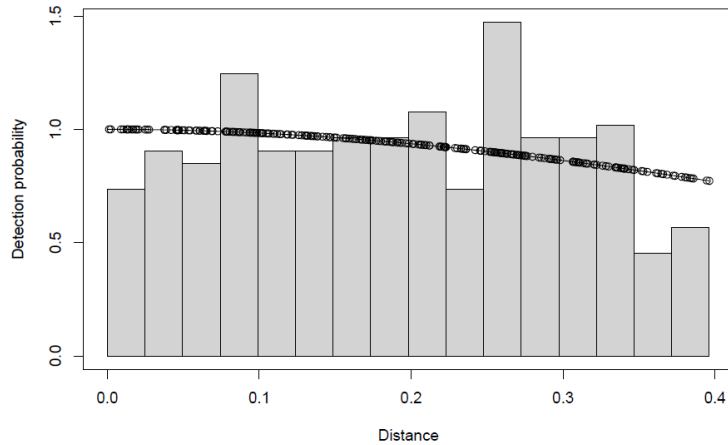


FIGURA 13. Efectividad de detección del corzo en las cámaras de fototrampeo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

En el caso del corzo su efectividad de detección llega a disminuir un 40% (20% menos que el jabalí), siendo del 100% cuando se encuentra en el ángulo igual a 0 y del 40% cuando su ángulo es igual a 40.

Para conocer la fiabilidad de los resultados obtenidos por R, se ha comparado las gráficas de actividad diaria de las especies estudiadas (figuras 14 y 17) con unas gráficas elaboradas a partir de los datos proporcionadas por Araba Cazadores Gestión (figuras 15 y 18) en las que muestran los accidentes causados por el jabalí y el corzo en la provincia de Álava durante los años del 2020, 2021, 2022 y 2023.

En la figura 14 y 17 se muestran la actividad diaria de ambas especies, en el eje de la “y” la frecuencia y en el de la “x” las horas. La línea continua indica la media y las discontinuas el máximo y el mínimo de la actividad diaria.

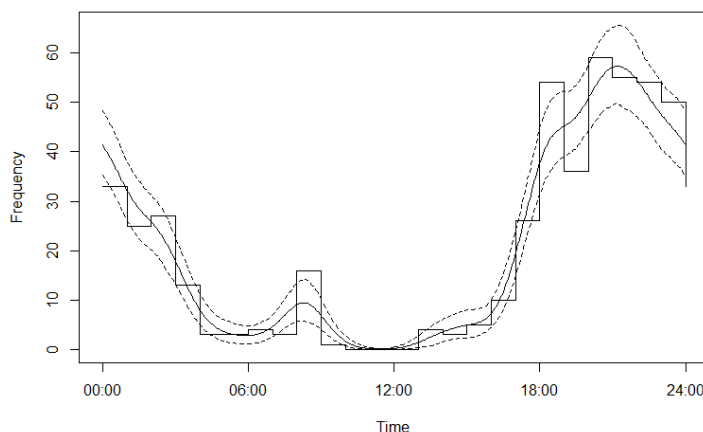


FIGURA 14. Actividad diaria del jabalí en el Valle de Leizaran determinada por las cámaras de fototrampeo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Como se aprecia en la figura 14, el jabalí es un animal cuya mayor actividad se concentra en el atardecer y durante la noche, entre las 18:00 y las 3:00, especialmente. Alrededor de las 9 de la mañana se observa un pico menor de actividad que no encaja con la armonía de la gráfica. Este incremento puede deberse a la caza, ya que los perros al rastrear las zonas donde se encuentran los jabalíes tienden a huir cuando se encuentran amenazados. Un ejemplo de este hecho es la figura 16, en la que un jabalí es detectado por una de las cámaras mientras huye de un perro. El jabalí es detectado a las 9:43 y el perro a las 9:50, claramente rastreándolo.

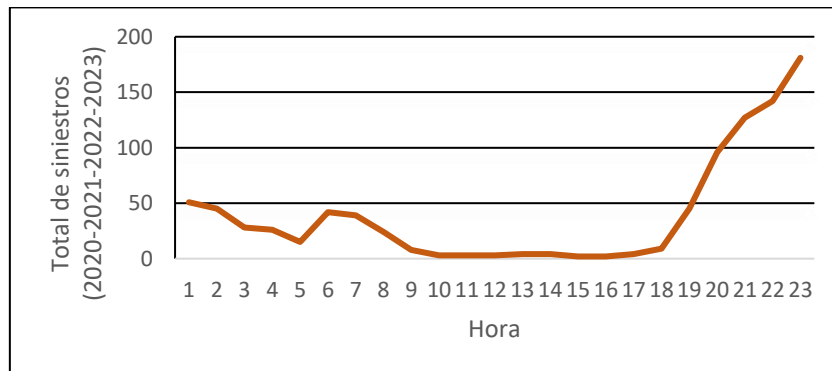


FIGURA 15. Total de siniestros por hora del jabalí (2020-2021-2022-2023) realizada a partir de los datos de Araba Cazadores Gestión. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Las figuras 15 y 18 muestran los siniestros totales producidos por jabalíes y corzos durante 4 años (2020-2021-2022-2023), en los cuales también interviene el factor humano. Como se ve en esta figura, la línea que conforma cantidad de siniestros es parecida a la línea que conforma la actividad diaria de ambas especies de las figuras 14y 17.



FIGURA 16. Rastreo y persecución de un jabalí por parte de un perro. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Como se ve en la figura 17, el corzo es un animal diurno cuya mayor actividad se concentra entre las 5:00 y las 9:00, luego la actividad baja y vuelve a aumentar entre las 12:00 y las 19:00.

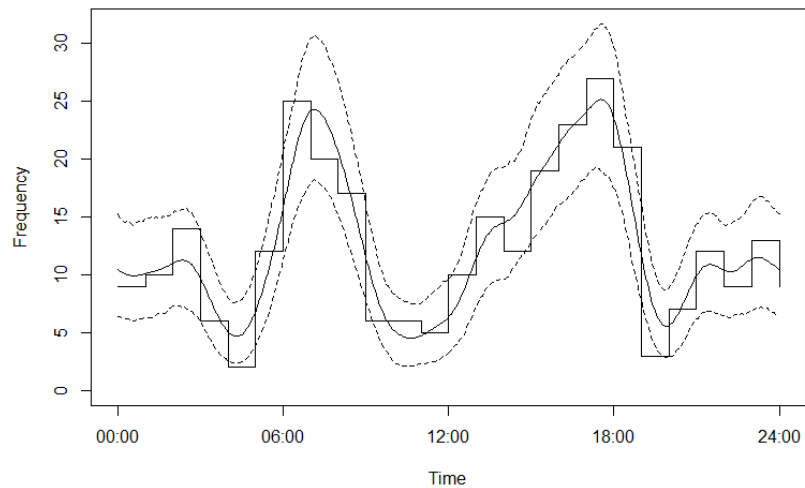


FIGURA 17. Actividad diaria del corzo en el Valle de Leizaran determinada por las cámaras de fototrampeo. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

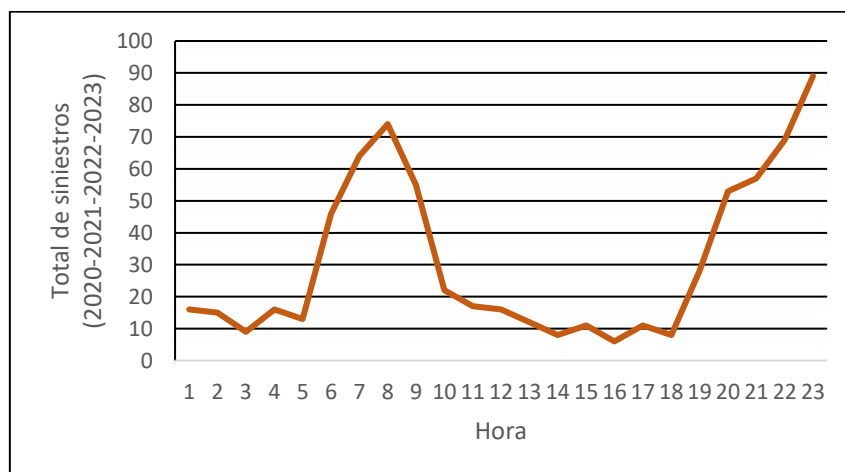


FIGURA 18. Total de siniestros por hora del corzo (2020-2021-2022-2023) realizada a partir de los datos de Araba Cazadores Gestión. (Fuente: Araba Cazadores Gestión).

Ambas gráficas de la actividad diaria del jabalí y corzo guardan similitudes con las gráficas de los siniestros producidos por estos animales a pesar del factor humano que interviene en los accidentes de carretera. Comparando ambas gráficas, cuando el rango de actividad diaria de la especie aumenta, coincide significativamente con el aumento de los siniestros en carretera, exceptuando el segundo pico de la figura 17 del corzo (empieza a subir a las 12:00 y termina bajando a las 17:00), que en la figura 18 los siniestros son mínimos (manteniéndose desde las 11:00 hasta las 18:00).

En cuanto a la distribución del jabalí y el corzo, se observa en las tasas de encuentro de las figuras 19 y 20 que no comparten el mismo territorio. En las zonas donde mayor es la densidad del jabalí menor es la del corzo y viceversa.

Cabe destacar que los huecos que no tienen ningún registro corresponden a las 5 cámaras que fueron sustraídas.

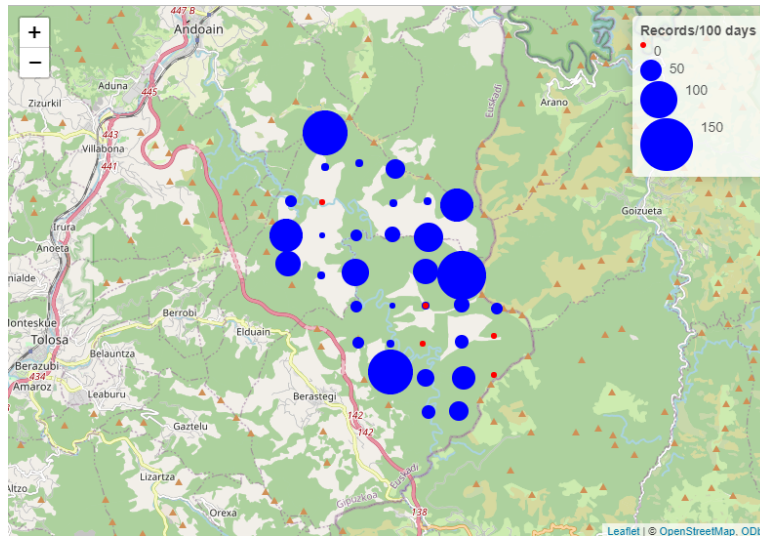


FIGURA 19. Tasa de encuentro del jabalí en el área de estudio, individuos/100 días.

(Fuente: Araba Cazadores Gestión).

A pesar de lo mencionado en el apartado anterior, se observa que la densidad de distribución del jabalí está más dispersada que la del corzo, habiendo un máximo entre 100 y 150 individuos por 100 días en tres cámaras, mientras que el corzo su distribución es más homogénea.

Según Diego Gil Muñoz [5] y otros artículos, el jabalí es de comportamiento muy sociable, no territorial, por lo que puede compartir el territorio con otras especies, lo que concuerda con la distribución tan irregular de la figura 19.

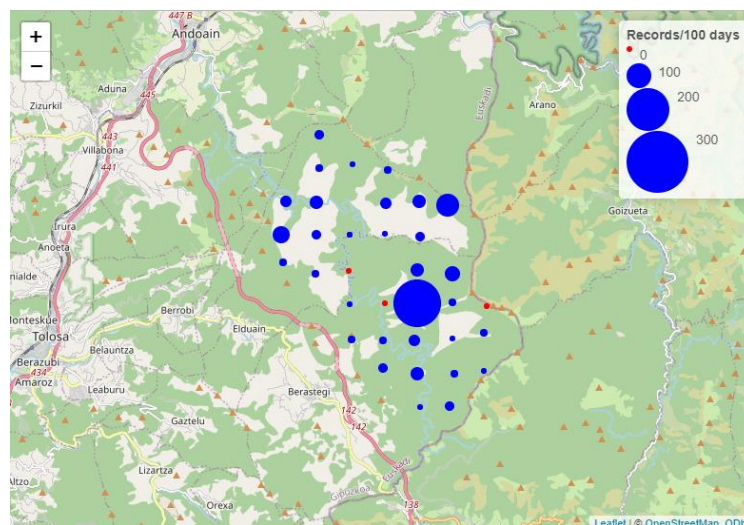


FIGURA 20. Tasa de encuentro del corzo en el área de estudio, individuos/100 días.

(Fuente: Araba Cazadores Gestión).

En cuanto al corzo, según Tulances.com [11], es territorial y lo defiende con gran tenacidad, lo que concuerda con una distribución homogénea que se aprecia en la figura 20, exceptuando el gran círculo ubicado en el centro, asociando a un valor más elevado y que desentona con la territorialidad del corzo. Dicho valor corresponde a un error que también se da en 7 cámaras, afectando a los resultados tanto del jabalí como del corzo (cámaras L3, L5, L14, L20, L24, L26 y L38 de la figura 11). Ese error se produce porque el ángulo de visión de esas cámaras ha sido alterado (ej, al rozarse con ganado), por lo que, para no despreciar las imágenes de las cámaras al no estar calibradas por la primera calibración, se decidió separar las secuencias en dos, utilizando la segunda calibración para la segunda secuencia (ej, L14a y L14b). De modo que al dividir las secuencias y trabajar con la división de la cámara como dos independientes, la inteligencia artificial no detecta el tiempo real que ha estado funcionando ya que no las une, por lo que esos datos no son representativos si no se corrigen.

Después de estimar todos los parámetros necesarios para aplicar REM, se puede estimar la densidad de población. Se obtienen los siguientes resultados:

- Jabalíes: la densidad es de 2,95 individuos/km², con un error estándar de 0,64 y un coeficiente de variación del 0,22. Con un intervalo de confianza del 95% para esta densidad oscila entre 1,94 y 4,48 individuos/km².
- Corzos: la densidad es de 2,57 individuos/km², con un error estándar de 0,54 y un coeficiente de variación del 0,21. Con un intervalo de confianza del 95% para esta densidad se encuentra entre 1,71 y 3,86 individuos/km².

Ambas especies muestran densidades relativamente similares, aunque los jabalíes presentan una densidad ligeramente mayor.

El error estándar y el coeficiente de variación son similares para ambas especies, lo que sugiere una precisión comparable en las estimaciones. Además, los coeficientes de variación son bajos (0,22 para jabalíes y 0,21 para corzos), indicando que las estimaciones son bastante fiables.

En el caso del jabalí, para el intervalo de confianza del 95%, el rango de densidad (1,94 a 4,48 individuos/km²) es algo más amplio que el del corzo (1,71 a 3,86 individuos/km²), lo que refleja una mayor variabilidad en la densidad estimada de los jabalíes.

6. CONCLUSIÓN

El periodo de tiempo en el que las cámaras de fototrampeo se encuentren en el monte requieren un estudio previo del ecosistema ya que con la entrada de la primavera el sotobosque (en este caso el helecho) crece hasta tal punto de ocupar toda el área de visión de la cámara, dificultando así la detección de algún animal (figura 16). Además, la cámara trampa fotografía constantemente el movimiento del helecho causado por el aire y esto interfiere negativamente en la toma de datos. El exceso de fotos puede saturar la capacidad de la tarjeta de memoria o agotar por completo la batería dejando de tomar datos hasta que ésta se recoja. En tal caso habría que recoger las cámaras antes del crecimiento de los helechos para evitar que sigan estando expuestas a ser sustraídas.

EL ganado que se encontraba en la zona de estudio ha interferido en la toma de datos ya que ha alterado el ángulo inicial de algunas cámaras trampa al rozarse con ella. Este hecho puede causar la pérdida de datos después de que la cámara se haya movido ya que no serviría la calibración inicial, además de que pueda haberse quedado enfocando al suelo, sin posibilidades de detectar ningún animal. Para evitar esta pérdida, a parte de la primera calibración, antes de recogerla se hace una segunda calibración, de modo que una vez estén listas para subirse a AGOUTI, esa cámara se divide en dos y se analizan como dos cámaras distintas, pero con la misma ubicación. Sin embargo, puede que el ganado u otras especies la hayan movido tres o más veces, por lo que en ese caso los datos de las secuencias del medio no servirían al no estar calibrados, y solo serviría la inicial y la final.

De las 40 cámaras que se colocaron, 5 de ellas fueron sustraídas. Una de ellas fue arrancada, rompiendo el plástico que la recubre, a otra le rompieron el cable que la aseguraba al árbol, y las otras tres desaparecieron sin dejar rastro. Al costar cada cámara 169 euros, suman un total de 845 euros en pérdidas, además de los datos que no se han podido utilizar. Una de las soluciones que se podría trasladar al fabricante, sería adaptar la cámara con un conducto interno de un grosor considerable para poder insertar un cable más grueso que el usado en este proyecto y que se pueda recubrir con un material que permita, además, un mejor camuflaje, ya que el cable al descubierto produce destellos cuando el sol incide sobre él.

En cuanto a la efectividad de detección, por lo general en todas las especies, cuando el ángulo de la cámara es 0 (línea recta que se forma en el centro de visión de la cámara), la probabilidad de detección de la cámara es del 100%, pero a medida que el ángulo se desplaza a los laterales, su efectividad disminuye. Esto se debe a la propia configuración por el fabricante de la cámara, pero cabe destacar que existe una diferencia entre las gráficas del jabalí y el corzo (figuras 12 y 13), debido a que existe una diferencia considerable en el tamaño de estas dos

especies que se puede relacionar con la efectividad de detección, siendo mayor en el corzo que en jabalí, ya que el primero es más alto.

En el apartado de resultados y discusión se ha hablado de que cierto pico de actividad del corzo no coincidía con un aumento de los siniestros. Este hecho podría deberse a que en las horas centrales del día la actividad por parte de la conducción de las personas es menor. Sin embargo, el resto de actividad coincide con el incremento de accidentes, por lo que se podría afirmar que los datos de los siniestros de las figuras 15 y 18 están estrechamente relacionados con la actividad normal del corzo y del jabalí de las figuras 14 y 17. En cuanto al jabalí, sí que coincide su actividad de las horas centrales del día con los siniestros, ya que ambas son mínimas. Dichos datos podrían reforzar la teoría, aunque para confirmarla sería necesario realizar un estudio más detallado. Estudio en el que tener en cuenta otros parámetros como puede ser la visibilidad reducida al anochecer, con su variabilidad estival, o un control del tráfico, entre otros.

Para solucionar el error de la tasa de encuentro es necesario obtener los datos del número de contactos de la especie por cada cámara y el esfuerzo de la misma, e implementarlos en la fórmula 2, haciendo la media de los resultados en los casos en los que la cámara esté dividida en dos. Posteriormente se integra la tabla en SIG con la ubicación de las cámaras que localizará los datos, y se otorga una simbología a los resultados para visualizarlo en el mapa.

Fórmula 2. Tasa de encuentro

$$\text{Tasa de encuentro} = \frac{n}{\text{effort}} \times 100$$

n = número de contactos

effort = esfuerzo por día de la cámara

En cuanto a las densidades obtenidas, tanto la de los jabalíes como la de los corzos en el área estudiada, presentan estimaciones similares con los jabalíes mostrando una densidad media ligeramente mayor. Las estimaciones son fiables y muestran una variabilidad razonable, con intervalos de confianza que proporcionan un alto grado de certeza sobre las densidades poblacionales de ambas especies. Esta información es crucial para la gestión y conservación de estas especies, permitiendo tomar decisiones basadas en datos sólidos.

La densidad del jabalí en el País Vasco, en términos generales, varía según la región y la disponibilidad de recursos. Estudios recientes indican que la población de jabalíes ha aumentado significativamente, alcanzando densidades de aproximadamente 5-10 individuos/km² en algunas áreas boscosas y rurales. [7]

En cuanto a la temporada de caza del jabalí del 2023-2024 va desde el 15 de agosto del 2023 hasta el 29 de febrero de 2024, lo cual afecta a los resultados de este trabajo ya que estos se recogieron al final de la temporada de caza cuando sus poblaciones se han reducido, obteniendo una densidad en el área de estudio de 2,95 individuos/km².

La densidad del corzo en el País Vasco ha experimentado un incremento en los últimos años. En Gipuzkoa, su densidad se establece alrededor de 5 a 7 individuos/km², con variaciones locales dependiendo del hábitat y la gestión cinegética en las diferentes áreas. [10]

En este estudio, la densidad del corzo que se ha obtenido es de 2,57 individuos/km², siendo notablemente inferior a lo mencionado en el párrafo anterior. Dicha diferencia puede deberse a que la temporada de caza del año 2023-2024 va desde el 15 de agosto de 2023 hasta el 29 de febrero de 2024, por lo que las poblaciones se ven reducidas cuando se empezaron a poner las cámaras de fototrampeo.

En conclusión, la implementación de cámaras de fototrampeo ha arrojado datos esenciales sobre la densidad y actividad de las especies estudiadas, revelando no solo la riqueza del ecosistema, sino también la complejidad de su estudio. Los desafíos enfrentados, desde la interferencia del ganado hasta el implacable crecimiento del sotobosque, subrayan la necesidad de una planificación meticulosa y adaptaciones tecnológicas innovadoras. Las pérdidas materiales y de datos no confrontan con la realidad de la investigación de campo: es un esfuerzo arduo y vulnerable, pero indispensable para la conservación. Esta experiencia debe impulsarnos a reflexionar profundamente sobre como optimizar nuestras metodologías y proteger mejor nuestros equipos, equilibrando la interacción entre tecnología y naturaleza. Así, podremos avanzar hacia una gestión de la biodiversidad y sostenible, asegurando que nuestras futuras generaciones hereden un legado natural rico y bien preservado.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cabezón, X. (2024). Leitzaran: el río y su valle. <https://www.leitzaran.net/>
- [2] EFSA. (2002). AUTORIDAD EUROPEA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. <https://www.efsa.europa.eu/es/about/about-efsa>
- [3] ENETWILD Consortium et al. (2022). ENETWILD training: "First online course on the use of camera trapping for monitoring wildlife and density estimation in the framework of the European Observatory of Wildlife and density estimation in the framework of the European Observatory of Wildlife (5th May 2022). ENETWILD training: "First online course on the use of camera trapping for monitoring wildlife and density estimation in the framework of the European Observatory of Wildlife (5 May 2022) | EFSA (europa.eu)
- [4] ENETWILD Consortium et al. (2021). A PRACTICAL GUIDANCE ON ESTIMATION OF EUROPEAN WILD UNGULATE POPULATION DENSITY. ENETWILD Consortium, Spain, IREC. <https://wildlifeobservatory.org/wp-content/uploads/2022/02/IREC-DOC-2022-final.pdf>
- [5] Gil, M. D. (2012, octubre 21). Jabalí, el todo terreno acorazado. El Guadarramista. <https://elguadarramista.com/2012/10/21/jabali-el-todo-terreno-acorazado/>
- [6] Harris, M (2020) (Version 1.0.478) [Software] Recuperado de SMART Mobile for Conservation: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.cybertracker.mobile.sm>
- [7] Noticias Navarra. (2023, agosto 4). Publicada la Disposición General de las Vedas de Caza para la temporada 2023/2024 en Navarra. Noticias Navarra. <https://www.noticiasdenavarra.com/sociedad/2023/08/04/publicada-disposicion-vedas-caza-navarra-7118465.html>
- [8] Palencia Mayordomo, P. (2022). Developing and harmonizing camera trap methods to estimate population density and movement parameters of unmarked populations: the random encounter model. [Tesis]. Universidad de Castilla-La Mancha. <https://ruidera.uclm.es/server/api/core/bitstreams/76b964fe-5e8d-4114-8fc6-10ffe8e98ecd/content>
- [9] Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T. & Carbone, C. (2008). Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1228-1236. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition (wiley.com)

[10] Trofeo. (2024). Corzo, *Capreolus capreolus*. Trofeo caza y conservación.

<https://trofeocaza.com/caza-mayor/fichas-de-especies/corzo/>

[11] Tulances.com. (2013, octubre 1). El corzo (II): hábitat y territorio. En Tu espacio de caza

y pesca en internet. <https://www.tulances.com/reportajes/art/5365/El-corzo-II-habitat-y-territorio/>