2025 | 16·20
GIJÓN | JUNIO
9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1727

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

Organiza

Uso de tecnología GPS para el estudio del comportamiento animal de ganado equino y vacuno en pastoreos mixtos con fines ambientales.

GAMBOA ARETA, A. (1), GÓRRIZ HUARTE, L. (1), PORTILLO INDURAIN, A. (1), IRIGUIBEL LARREA, S., GUTIÉRREZ GARCÍA, A. (1), FERRER LORÉS, V. (2), CANALS TRESSERRAS, R.M. (1)

(1) Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación. Universidad Pública de Navarra.
(2) Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias-INTIA.

Resumen

Los ecosistemas abiertos de la Península Ibérica sufren desde hace décadas un rápido proceso de abandono, con la consiguiente acumulación de biomasa vegetal y el aumento creciente en el riesgo de incendios. En este contexto, los herbívoros domésticos cumplen un papel crucial para su mantenimiento y restauración, por lo que conocer los factores que determinan su comportamiento es esencial para una correcta gestión de la vegetación.

La presente investigación se llevó a cabo en verano de 2024, mediante la colocación de collares GPS a 8 yeguas, 8 vacas y 2 caballos en situación de pastoreo mixto, pertenecientes a las razas autóctonas Burguete y Pirenaica respectivamente. La zona de estudio pertenece a Urraúl Alto, situados en la ZEC Sierra de Artxuga, Zarikieta y Montes de Areta en Navarra.

A partir de la información obtenida por medio de los collares GPS se llevaron a cabo modelos mixtos con el fin de comprender qué factores determinaron la distancia diaria recorrida por los animales. Nuestros resultados sugieren que la pendiente, el día de la temporada y la velocidad del viento son factores determinantes a este respecto, lo que podría ser de interés para una mejor gestión y manejo de la vegetación en el futuro.

Palabras clave

Comportamiento de ganado, pastoreo libre, pastoreo mixto, sistemas de posicionamiento global, uso del territorio.

1. Introducción

En las últimas décadas, el sector ganadero extensivo ha sufrido una serie de cambios, motivados principalmente por la industrialización de la producción de alimentos e intensificación de la propia ganadería, que han llevado en términos generales a una disminución de los censos ganaderos extensivos. En España, esta disminución ha sido especialmente pronunciada en los sectores de ganado menor (caprino y ovino), los cuales en muchos casos se han visto sustituidos por cabañas de ganado mayor, especialmente de vacuno, sector que, aunque en menor medida, también se ha visto afectado (RUBIO & ROIG, 2017). En el caso de la Comunidad Foral de Navarra la tendencia es similar, con un declive de la ganadería extensiva,

especialmente del ovino y en menor medida del vacuno, pero con la particularidad de que se produce un incremento en los censos de ganado equino en las principales zonas de pastos comunes de la comunidad (MANGADO, 2016).

Debido a la disminución de la ganadería extensiva y al abandono de las prácticas tradicionales de gestión del territorio, se están observando profundos cambios estructurales en los paisajes a nivel global, caracterizados por una expansión de la vegetación natural que tiende a la homogeneización de paisajes mediante la acumulación de matorral. Dicha matorralización no solo tiene profundas implicaciones a nivel ecológico, amenazando los ecosistemas abiertos y la biodiversidad asociada a los mismos, sino que supone también un aumento en el riesgo de incendios debido a la acumulación de material vegetal lignificado (LASANTA-MARTÍNEZ et al., 2005). Existen además otra serie de servicios ecosistémicos que se ven afectados por la pérdida de espacios abiertos, tales como el secuestro de carbono, la oferta de alimento para herbívoros o la regulación y control hidrológico (CANALS, 2019).

En este sentido, la ganadería extensiva se presenta como una herramienta necesaria para la restauración y preservación de ecosistemas abiertos, así como para la prevención frente a incendios forestales (CANALS, 2019). La acción del herbívoro, especialmente cuando se combina con usos de fuego controlado o prescrito, además de reducir la carga de combustible, favorece la diversidad vegetal de las zonas de pasto, consolidando ecosistemas con una mayor capacidad de resiliencia (MÚGICA et al., 2021). Esta acción no solo se produce mediante el consumo directo de pasto, sino que el propio pisoteo del ganado, así como la alteración estequiométrica del suelo mediante sus deposiciones, ejercen un efecto sobre el rebrote arbustivo y la composición del pasto (PAUNÉ I FABRÉ, 2021).

Los ecosistemas abiertos son dinámicos y se encuentran en constante evolución, por lo que requieren de herramientas de gestión adaptativa que se adecúen a las necesidades momentáneas que presenten, dependiendo de su desarrollo (CANALS, 2019). En este sentido, es necesario poseer una comprensión profunda del comportamiento de las diversas especies de ganado en situación de pastoreo, de tal manera que permita desarrollar los planes de gestión adaptativa adecuadamente, especialmente en los planes con fines ambientales. Actualmente, se están implementando nuevas tecnologías de monitorización del pastoreo destinadas a este fin, de entre las que destacan: uso de sensores portátiles (sensores basados en GPS y acelerómetros), herramientas de observación por vídeo como drones y cámaras, y teléfonos inteligentes (HLIMI et al., 2024).

Los sensores portátiles basados en la tecnología GPS, colocados en diferentes partes del cuerpo de los animales, permiten rastrear su ubicación en tiempo real y enlazar esta información con datos como topografía, vegetación, fuentes de agua, zonas de pastoreo, áreas de parto y temperatura (HLIMI et al., 2024). De esta manera, uno de sus usos principales es el de monitorizar el comportamiento del ganado en situación de pastoreo, resultando especialmente útiles en extensas áreas de pastoreo.

Si bien existen numerosos estudios en materia de etología que utilizan tecnología GPS para monitorizar el comportamiento de animales en situación de pastoreo libre, son pocas las publicaciones que realizan un seguimiento de pastoreos mixtos; y, en cualquier caso, no se han encontrado publicaciones que monitoricen pastoreos mixtos de vacuno y equino, situación cada vez más común en las grandes zonas de pastoreo de Navarra. El estudio de la etología de ganado vacuno y equino en situación de pastoreo mixto podría ofrecer información sobre las diferencias comportamentales entre ambas especies con respecto al uso del espacio, aspecto crucial en materia de gestión de ecosistemas abiertos.

2. Objetivos

El principal objetivo de este estudio es comparar el comportamiento en pastoreo libre entre las dos especies ganaderas presentes en la zona de estudio, ganado vacuno (*Bos taurus*) y equino (*Equus ferus caballus*), tomando como referencia el movimiento diario de los animales. En concreto, se quiere determinar: 1) cómo afecta la meteorología a las dinámicas de movimiento de los animales de ambas especies, y 2) cómo evolucionan las dinámicas de movimiento de ambas especies a lo largo de la temporada de pastoreo.

3. Metodología

La zona de estudio se encuentra situada en el municipio de Urraúl Alto, concretamente en los montes comunales de las localidades de Elcoaz y Aristu, ubicados en el pre-pirineo navarro. Dichos montes están incluidos en la Zona de Especial Conservación (ZEC) Sierra de Artxuga, Zarikieta y Montes de Areta (Red Natura 2000 ES0000129). Según la clasificación climática de Köppen, se trata de una zona de clima Marítimo de costa occidental (Oceánico), con inviernos fríos o templados y veranos frescos y precipitaciones bien distribuidas a lo largo del año. A 4,6 km de la zona de estudio se encuentra la estación meteorológica automática de Erremendía (Salazar).

En julio de 2024 se colocaron collares con tecnología GPS en 8 vacas de raza Pirenaica y 10 animales equinos de raza Burguete (8 hembras y 2 machos), con el fin de realizar un seguimiento durante la temporada estival de pastoreo. Cabe mencionar que la cabaña ganadera total era de 50 equinos, repartidos en cuatro manadas de similar tamaño (con un macho por manada), y 150 vacunos, con un comportamiento gregario menos estructurado. Los animales permanecieron en situación de pastoreo libre desde el mes de julio hasta finales del mes de octubre. Durante dicho periodo, los animales disponían de libertad de movimiento a lo largo de una superficie heterogénea de aproximadamente 1600 ha, con altitudes variables desde los 670 m hasta los 1440 m, en la cual pueden encontrarse unidades de paisaje compuestas por una gran variedad de especies vegetales, desde bosques de coníferas, hayedos u otras especies frondosas, hasta zonas de pastizales abiertos, pasando por zonas de matorral dominadas por brezales-argomales, bojedales o matorrales mediterráneos.

Los datos empleados para los estudios realizados provienen principalmente de

tres fuentes diferentes:

1. Posicionamiento GPS registrado por los collares GPS de los animales. Los collares están diseñados para registrar y emitir la posición del animal (latitud y longitud) cada 15 minutos, empleando para ello la cobertura móvil. Dicha posición se recoge en el sistema geodésico de coordenadas geográficas WGS 84. En aquellos casos en los que la cobertura es insuficiente, el informe queda sin emitir, perdiéndose dicha información. De esta manera, cabe destacar que los informes perdidos por falta de cobertura se corresponden con aproximadamente un tercio del total, distribuyéndose dichos errores de manera similar entre collares y a lo largo del espacio y el tiempo.

2. Información meteorológica. Se han descargado datos emitidos con una frecuencia de 10 minutos y diarios de las principales variables meteorológicas (temperaturas, precipitación, viento, Humedad Relativa, insolación, presión atmosférica…) registradas por la estación automática de Erremendía (Salazar).

3. Descripción del medio. Se han empleado material cartográfico disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra (IDENA) para obtención de mapas de pendientes, orientación, altitud y usos y aprovechamientos del terreno.

El tratamiento de los datos de posicionamiento se ha realizado utilizando el software libre QGIS 3.36.3 Maidenhead, empleando la herramienta “Point to path” para el trazado y cálculo de distancias diarias recorridas de los animales. Posteriormente, se cruzaron los resultados de distancias obtenidos con los datos climáticos y topográficos correspondientes y se procedió a realizar un análisis y comprensión exploratoria de los mismos por tres vías; análisis en R (R CONTRIBUTORS, 2025), visualización de los datos mediante QGIS Time Data Control (QTDC) (MITRE, 2023), y conversaciones con el ganadero propietario de los animales.

Tras el análisis exploratorio de los datos, se procedió a elaborar modelos mixtos con los factores que podían ser determinantes para la distancia recorrida por el ganado, a partir del paquete nlme de R (CRAN, 2024a). A este respecto se definieron como factores fijos; la triple interacción entre Especie*Pendiente*Día de pastoreo, la interacción Edad*Especie, y las variables simples velocidad del viento, temperatura, precipitación y altitud. Se descartó la inclusión de otras variables climáticas como humedad relativa o la insolación, debido a su alta correlación con la temperatura.

Con estos factores fijos se elaboraron dos modelos iniciales, difiriendo en sus factores aleatorios (~1 | Individuo) y (Día de Pastoreo | Individuo), de los cuales se escogió el de mejor ajuste. Tras ello se procedió a simplificar el modelo utilizando la función drop1, y eliminando progresivamente los factores prescindibles fruto de

consultar el valor AIC (BEVANS, 2020) y realizar una prueba posterior ANOVA. Los factores fijos del modelo final resultante fueron representados mediante los paquetes sjPlot y ggplot2 de R (LÜDECKE., 2019; WICKHAM et al., 2016). Finalmente calculamos la calidad de ajuste del modelo con el paquete MuMIn (CRAN, 2024a).

4. Resultados

Los análisis exploratorios permitieron observar algunos aspectos relevantes que ayudaron a la posterior conformación de los modelos. Por un lado, la representación sencilla de las variables permitió detectar un descenso de las vacas hacia posiciones de menor cota a partir del 15 de agosto (Figura 1). Este hecho fue posteriormente constatado por el ganadero y observado de forma directa mediante QGIS, constatando como las vacas descendían de las zonas altas a las inmediaciones del pueblo, mientras que las yeguas se quedaban en los pastos más altos.

Tras la selección de modelos, la precipitación (p=0.2768) fue descartada por no presentar significancia para explicar la distancia diaria recorrida por los animales. Así mismo la temperatura media diaria (p= 0.0466) fue desechada por presentar escasa significancia y encontrarse fuertemente correlacionada con el día de pastoreo (Pearson =-0.711), que sí fue incluido en el modelo.

El modelo final obtenido que mejor explicaba la distancia recorrida presentaba como factores fijos ~velocidad del viento + Altitud + Pendiente*Especie + Días de pastoreo*Especie) y con efectos aleatorios ~Día de pastoreo | Individuo. La Altitud y la interacción Pendiente*Especie fueron las variables de mayor peso en el modelo (p <0,0001) y la velocidad del viento y la interacción Dia de pastoreo*Especie presentaron una significancia algo menor, aunque también (0.0088 y 0.0019 respectivamente) (Figura 3).

Fig. 1. Representación de la altitud de las posiciones de los animales en función de la temporada de pastoreo y de la especie ganadera.

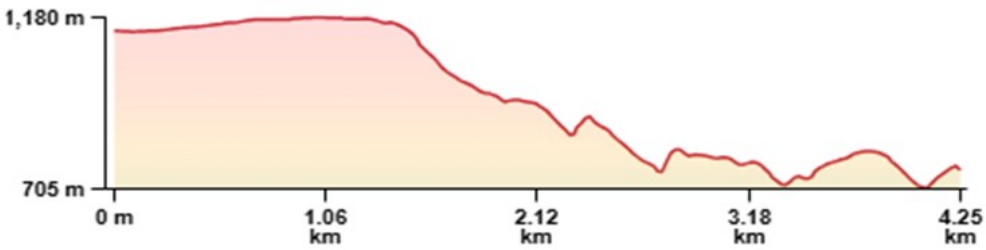

Fig. 2. Perfil topográfico de la zona de pastoreo.

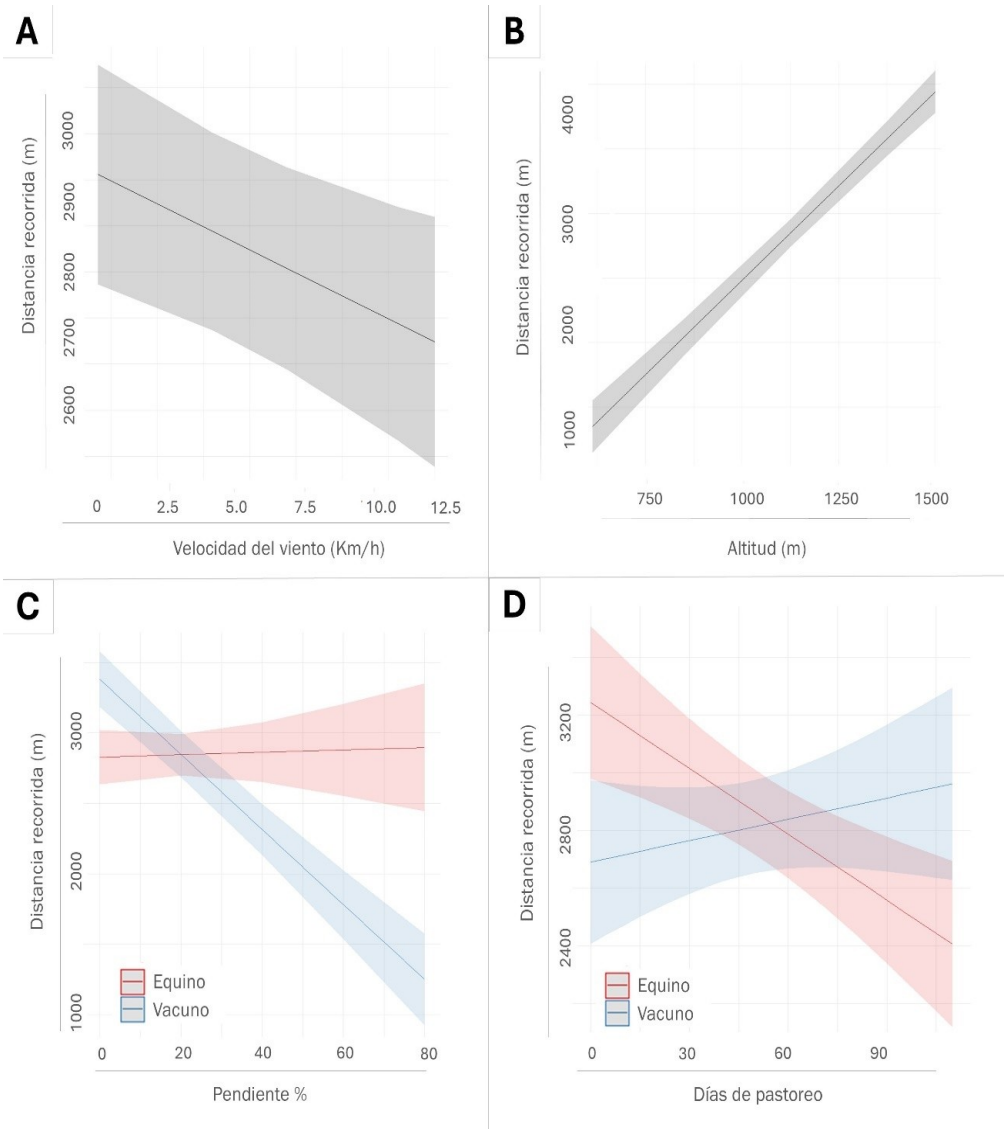

*Fig. 3. Representación de los factores fijos del modelo final (Distancias ~Velocidad del viento + Altitud + Pendiente*Especie + Días de pastoreo*Especie) con efectos aleatorios ~Día de pastoreo | Individuo. A: distancia recorrida en función de la velocidad del viento (x). B: distancia recorrida en función de la altitud. C: distancia recorrida en función de la pendiente. C: distancia recorrida en función del día de pastoreo (del 18 de julio al 31 de octubre).*

Los modelos mostraron que una mayor velocidad del viento afectó negativamente sobre la distancia recorrida de los animales (Gráfico A de la Figura 3). El 95 % de los valores de esta variable no superaron los 15 km / h, y algunos valores extremos restantes alcanzaron los 25 km/h. La altitud presentó una relación directa con el movimiento del ganado, con mayores distancias recorridas en las zonas más altas (Gráfico B de la Figura 3). En cuanto a la pendiente, mucho mayor en las zonas bajas del área de estudio que en las zonas altas (tal y como se observa en la Figura 2), no parece haber tenido un efecto determinante en la movilidad del ganado equino, mientras que, en el caso del bovino, redujo considerablemente las distancias recorridas (Gráfico C de la Figura 3). En este sentido la pendiente

mediana fue algo mayor en el caso de las vacas que en el de las yeguas (22,4 y 18,2 % respectivamente) y un límite superior del 95% de los registros en pendientes del 70 y el 60 % respectivamente. Finalmente, el avance en el día de pastoreo tuvo un efecto negativo sobre la distancia recorrida por el ganado equino, pero no parece haber sido determinante para el movimiento del ganado vacuno (Gráfico D de la Figura 3).

El análisis de calidad de ajuste predijo una R2 marginal (solo efectos fijos) del 40 %, y una R2 completa (efectos fijos + aleatorios), del 47 %.

5. Discusión

La temperatura, la humedad relativa y la precipitación no parecen tener un papel determinante en las distancias recorridas diariamente por el ganado. Algunos estudios similares presentan resultados semejantes, en los que la meteorología parece tener un efecto menos relevante para la selección de hábitats, siendo los factores más determinantes los relacionados con variables topográficas (elevación y pendiente) y bióticas (tipo de vegetación) (DÍAZ et al., 2014; SEOANE, 2015). Sin embargo, es probable que algunas de las variables meteorológicas, especialmente la temperatura, presenten mayores oscilaciones intra-diarias que inter-diarias, por lo que el uso de valores medios diarios podría estar diluyendo el efecto momentáneo que dichas variables generan sobre el ganado. En este sentido, existen estudios que emplean unidades temporales más reducidas, tales como franjas horarias, que podrían resultar más acertadas para estudiar la respuesta del ganado frente a variaciones meteorológicas (IRIGUIBEL, 2021).

Si bien el movimiento de las vacas parece verse más limitado por la pendiente del terreno, la pendiente mediana de las posiciones del ganado vacuno, así como el rango de pendientes exploradas, es mayor que la del ganado equino, lo cual indica que la presencia del ganado vacuno en zonas de pendiente ha sido mayor, a pesar de que el desplazamiento haya sido más limitado. Estudios previos indican que el uso de zonas de pendiente por parte de ganado vacuno puede ser habitual en razas adaptadas a zonas de montaña, siendo la raza, por lo tanto, un factor determinante para el rango de pendientes explorado por los animales (HENNIG et al., 2022). Además, HENNING et al. relacionan el uso de zonas de pendiente con la disponibilidad y distancia a puntos de agua, siendo mayores las pendientes exploradas en áreas con recursos hídricos más limitados, factor que podría haber tenido un papel determinante en los resultados obtenidos por el presente estudio. Además de la distancia a puntos de agua, otros estudios parecen indicar que la presencia de estos puntos en el campo visual de los animales modifica los patrones de movimiento que realizan por las zonas de pendiente, lo cual, junto con la composición del terreno y dependiendo de si los animales se encuentran de tránsito o pastando, puede determinar el uso que realizan sobre dichas zonas (OIKAWA et al., 1988). Estos elementos podrían ser de gran relevancia a la hora realizar un pastoreo con fines ambientales para reducir la carga de combustible de una zona determinada.

La altitud tuvo un efecto importante sobre el modelo, pero la interpretación de dicho efecto se ve limitada debido a que los resultados muestran un uso del

espacio con pastoreo en altitudes claramente diferenciadas entre ambas especies, tal y como muestra la Figura 1. No obstante, tal y como puede observarse en el perfil topográfico incluido en la Figura 2, las cotas más altas se corresponden con zonas de pasto relativamente llanas, mientras que las cotas más bajas se corresponden con terrenos más escarpados. Por lo tanto, independientemente del factor de la especie animal y la diferencia en el uso del espacio, la topografía llana y extensa de las cotas más altas podría explicar el aumento del movimiento diario con respecto a la altitud.

El descenso en movilidad del ganado equino conforme avanza la estación podría deberse al estado fenológico de las plantas de las que se alimentan, así como a la disponibilidad de sombra y puntos de agua adecuados (LARSON-PRAPLAN et al., 2015). En este sentido, los pastos herbáceos podrían presentar una mayor calidad nutritiva al inicio de la temporada, requiriendo de un menor tiempo de consumo por parte del ganado y permitiéndoles recorrer mayores distancias, lo cual se vería comprometido conforme avanza la estación y el alimento pierde calidad nutricional (SCHLECHT et al., 2006), aunque todo ello podría estar influenciado por la reducción progresiva del fotoperiodo a medida que avanza la estación. En este contexto, el hecho de que el avance de la estación afecte menos al movimiento diario del ganado vacuno que al equino podría estar relacionado con la dentadura y sistema digestivo de cada especie. Las vacas, por la disposición de su dentadura, serían capaces de aprovechar pastos de alta calidad únicamente de cierta altura (OSORO et al., 2000), mientras que el ganado equino sería capaz de aprovechar más tiempo el pasto de alta calidad, incluso siendo este de muy baja altura. Por lo tanto, a medida que la disponibilidad y calidad de pasto decaiga, es posible que las yeguas dediquen más tiempo a aprovechar los pastos de menor altura, mientras que las vacas se ven forzadas a continuar desplazándose para consumir pastos de mayor altura. Además, la mayor eficiencia del sistema digestivo rumiante, podría justificar que el ganado vacuno se vea menos afectado por el agostamiento de los pastos, de manera que, a pesar de que al inicio de la estación su movimiento es menor que el del ganado equino debido a la necesidad de dedicar tiempo a la rumia (LÓPEZ et al., 2019), no se vea afectado con el avance de la estación por su mayor capacidad de degradación celulosa y hemicelulosa.

6. Conclusiones

El uso del espacio por parte del ganado y los factores que determinan su comportamiento son esenciales para realizar un uso eficiente de los recursos pascícolas y poder gestionar adecuadamente la vegetación, evitando la matorralización de los pastos y obteniendo paisajes en mosaico de alto valor para la fauna y la economía local. En este sentido, entre las variables estudiadas, la pendiente del terreno parece ser la más limitante para el movimiento del ganado vacuno (a pesar de tener una mayor tendencia a frecuentar zonas de pendiente), mientras que, en el caso del ganado equino, es el avance de la estación de pastoreo el que limita en mayor medida su movilidad.

En cuanto a la aplicabilidad de las conclusiones obtenidas por el presente estudio para la gestión de combustibles y el pastoreo ambiental, los resultados obtenidos parecen indicar que a lo largo de la temporada estival es el ganado vacuno el que

puede presentar una mayor aptitud para el control de la matorralización en zonas de pendiente, mientras que, en el caso del ganado equino, el periodo otoñal puede ser el más adecuado para realizar una acción más intensiva que permita controlar mejor el rebrote arbustivo.

7. Agradecimientos

La investigación ha sido financiada por el Gobierno de España a través de los proyectos PID2020-116786RB-C31 y COMPAS. El proyecto COMPAS cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

7. Bibliografía

BEVANS, R. (2020, marzo 26). Akaike Information Criterion | When & How to Use It (Example). Scribbr. https://www.scribbr.com/statistics/akaike-information-criterion/

CANALS, R. M. (2019). Landscape in motion: Revisiting the role of key disturbances in the preservation of mountain ecosystems. Cuadernos de Investigación Geográfica, 45(2), Article 2. https://doi.org/10.18172/cig.3634

CRAN. (2024a). Cran/MuMIn [R]. cran. https://github.com/cran/MuMIn

CRAN. (2024b). Nlme/R/lme.R at master · cran/nlme [Software]. https://github.com/cran/nlme/blob/master/R/lme.R

DÍAZ, E. M., BRIZUELA, M. Á., CID, M. S., CIBILS, A. F., CENDOYA, M. G., & BENDERSKY, D. (2014). Daily feeding site selection of cattle and sheep co-grazing a heterogeneous subtropical grassland. Livestock Science, 161, 147-157. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.010

HENNIG, J. D., RIGSBY, W., STAM, B., & SCASTA, J. D. (2022). Distribution of Salers cows in contrasting rangeland pastures relative to established slope and water guidelines. Livestock Science, 257, 104843. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104843

HLIMI, A., EL OTMANI, S., ELAME, F., CHENTOUF, M., EL HALIMI, R., & CHEBLI, Y. (2024). Application of Precision Technologies to Characterize Animal Behavior: A Review. ANIMALS, 14(3), 416. https://doi.org/10.3390/ani14030416

IRIGUIBEL, S. (2021). Comportamiento equino en pastoreo dirigido monitorizado por GPS.

LARSON-PRAPLAN, S., GEORGE, M. R., BUCKHOUSE, J. C., & LACA, E. A. (2015). Spatial and temporal domains of scale of grazing cattle. Animal Production Science, 55(3), 284-297. https://doi.org/10.1071/AN14641

LASANTA-MARTÍNEZ, T., VICENTE-SERRANO, S. M., & CUADRAT-PRATS, J. M. (2005). Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: A study of the Spanish Central Pyrenees. Applied Geography, 25(1), 47-65. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2004.11.001

LÜDECKE., D. (2019). Data Visualization for Statistics in Social Science. sjPlot - Data Visualization for Statistics in Social Science. https://strengejacke.github.io/sjPlot/

MANGADO, J. M. (2016). Evolución de los pastos y la ganadería extensiva en Navarra: Propuestas para controlar su descenso. Navarra agraria, 215, 23-30.

MITRE. (2023). Mitre/QgisTDC [Python]. The MITRE Corporation. https://github.com/mitre/QgisTDC

MÚGICA, L., CANALS, R. M., SAN EMETERIO, L., & PERALTA, J. (2021). Decoupling of traditional burnings and grazing regimes alters plant diversity and dominant species competition in high-mountain grasslands. Science of The Total Environment, 790, 147917. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147917

OIKAWA, M., FUKUYAMA, M., SHIMAMURA, M., & USHIYAMA, M. (1988). Characteristics of Cattle Tracks on Steep Grassland in Relation to Cattel Behavior and Land Conservation. JARQ, 22(3).

OSORO, K., CELAYA, R., MARTÍNEZ, A., & ZORITA, E. (2000). Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: producción animal y dinámica vegetal. Pastos, 30(1), Article 1.

PAUNÉ I FABRÉ, F. (2021). Bases ecològiques per a una gestió pastoral [Ph.D. Thesis, Universitat de Lleida]. En TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). https://www.tdx.cat/handle/10803/673004

R CONTRIBUTORS. (2025). R: The R Project for Statistical Computing. https://www.r-project.org/

RUBIO, A., & ROIG, S. (2017). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España (p. 171). Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informe_ganaderia_extensiva_tcm30-435573.pdf

SCHLECHT, E., HIERNAUX, P., KADAOURÉ, I., HÜLSEBUSCH, C., & MAHLER, F. (2006). A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113(1), 226-242. https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.008

SEOANE, N. (2015). First records on habitat use of semi-feral cattle in southern forests: Topography reveals more than vegetation. https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1321v1

WICKHAM, H., CHANG, W., HENRY, L., PEDERSEN, T. L., TAKAHASHI, K., WILKE, C., WOO, K., YUTANI, H., DUNNINGTON, D., BRAND, T. VAN DEN, & POSIT. (2016). Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. https://ggplot2.tidyverse.org/