



Efectos de los ungulados domésticos y silvestres sobre las propiedades del suelo en Cazorla.

PABLO MONTEMAYOR POSTIGUILLO

VICTORIA ARCENEGUI BALDO Y JOMAR MAGALHAES BARBOSA
DEPARTAMENTOS DE AGROQUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE Y BIOLOGÍA APLICADA | CIENCIAS
AMBIENTALES, ELCHE 2021-2022
CÓDIGO DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE: 220527140947



Agradecimientos.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores, Victoria Arcenegui Baldo y Jomar Magalhaes Barbosa por ayudarme en la realización de este trabajo de final de grado.

También me gustaría agradecer a todos los profesores y profesoras, y personal en general que me han echado una mano en mis prácticas del laboratorio en el edificio Alcudia, de la UMH, Elche.

Agradecer como no, a todo el personal docente que he tenido como profesor a lo largo de toda la carrera.

Por último, pero no menos importante, a mi familia, por el apoyo en todo este camino. También a mis amigos y compañeros, todos y cada uno de los que me han ayudado durante estos cinco años.



Índice

1. Introducción y antecedentes.....	6
2. Objetivos.....	10
3. Material y métodos.....	11
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	11
3.1.1. Área de estudio.....	11
3.1.2. Ganadería doméstica y ungulados silvestres	12
3.1.3. Vegetación.....	12
3.1.4. Geología.....	13
3.1.5. Clima.....	13
3.2. Toma de muestras en campo.....	13
3.3. Análisis de las muestras en el laboratorio.....	17
3.4. Análisis estadístico.....	18
4. Resultados.....	19
5. Discusión.....	25
6. Conclusiones.....	29
7. Proyección futura.....	30
8. Bibliografía.....	31

Resumen.

Aunque se han realizado algunos estudios para evaluar los efectos de la ganadería extensiva sobre los ecosistemas, muy pocos estudios han evaluado los efectos de la ganadería trashumante en diferentes grados de presión ganadera sobre las propiedades del suelo. Utilizando como referencia los cercados de exclusión de herbívora, se ha evaluado cómo el ganado trashumante extensivo en diferentes presiones de pastoreo afecta las propiedades del suelo en los "Campos de Hernán Perea" (Parque Natural Cazorla). Los resultados de este estudio indican que el ganado trashumante con baja presión de pastoreo no tiene efecto sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo. Sin embargo, se ha detectado un aumento en la estabilidad de los agregados de suelo dentro de áreas con bajo nivel de presión de pastoreo. Para las zonas con mayor grado de presión de pastoreo, todas las propiedades del suelo han mostrado un aumento pequeño pero significativo en comparación con las zonas sin pastoreo, con la única excepción del contenido de nitrógeno. En conclusión, la presencia de ganado en los "Campos de Hernán Perea" parece tener un efecto general bajo en las propiedades del suelo, aunque se detectaron algunos cambios en particular en áreas con mayor intensidad de la ganadería.

Abstract.

Although some studies have been conducted to assess the effects of extensive livestock on ecosystems, very few studies have evaluated the effects of transhumant livestock on soil properties at different levels of livestock pressure. Using herbivore exclusion fences as a reference, we have evaluated how extensive transhumant cattle in different grazing pressures affect soil properties in the "Campos de Hernán Perea" (Cazorla Natural Park). The results of this study indicate that transhumant cattle with low grazing pressure have no effect on the chemical and biological properties of the soil. However, an increase in the stability of soil aggregates within areas with low grazing pressure has been detected. For areas with higher grazing pressure, all soil properties have shown a small but significant increase compared to areas without grazing, with the sole exception of nitrogen content. In conclusion, the presence of cattle in the "Campos de Hernán Perea" seems to have a low overall effect on soil

properties, although some changes were detected in particular in areas with higher livestock intensity.

Palabras clave: ungulados, cercados de exclusión, ganadería extensiva y trashumante, propiedades del suelo.

1. Introducción y antecedentes.

Hace aproximadamente 11.000 años algunos pueblos se dedicaron a la domesticación de animales salvajes (Diamond, 1997), dando así inicio a la ganadería. Actividad que los seres humanos han seguido practicando todo este tiempo y se sigue llevando a cabo hoy en día.

Como consecuencia, la vegetación ha evolucionado adaptándose al pastoreo y los procesos ecosistémicos actuales en zonas pastoreadas son el proceso de un largo proceso evolutivo. Las especies vegetales que han evolucionado con un alto grado de pastoreo pueden ser compatibles con la ganadería extensiva, e incluso necesarias (Cingolani et al., 2008)

La falta de control de la ganadería puede llevar al exceso de herbivoría, proceso que destaca por su efecto negativo sobre la biodiversidad, y amenaza a muchas especies vegetales. Este problema se suma a diferentes formas de presión humana sobre los ecosistemas y la creciente vulnerabilidad de los ambientes áridos y semi áridos frente al cambio climático (Mellado et al., 2021).

En el presente, todavía se discute los efectos que la ganadería tiene sobre los suelos, los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos de los suelos, en donde estos animales viven, comen y mueren. En los últimos años se han llevado a cabo diversos estudios con cercados de exclusión de ganado para evaluar si la ganadería tiene algún efecto, positivo, negativo o neutro, sobre las propiedades de los suelos (Mekuria, 2016; Aynekulu et al., 2017; Reinhart et al., 2021). Pero poco se sabe sobre el efecto de la ganadería trashumante en los ecosistemas mediterráneos. La trashumancia es una práctica ganadera tradicional (desde el neolítico, entre el 6.000 y el 3.000 a.C.) que consiste en el movimiento estacional y cíclico de los rebaños, en altitud y/o latitud, en busca de pastos frescos.

Los estudios que se muestran a continuación tienen resultados diversos y en algunos casos contrapuestos. Las conclusiones de estos efectos no están del todo claras y probadas y dependen de muchos otros factores a parte de la exclusión o no de la ganadería y la presión de esta.

Por poner algunos ejemplos sobre el efecto del pastoreo en las propiedades del suelo que se han analizado en otros trabajos, en cuanto a la presencia de carbono en el suelo, el establecimiento de cercados de exclusión en tierras de pastoreo comunales degradadas, en las tierras altas del norte de Etiopía, es una opción viable para restaurar la existencia de carbono en el ecosistema (Mekuria et al., 2011). Así como la exclusión de la ganadería podría considerarse como una práctica importante en la mejora de los nutrientes del suelo principalmente en el carbono orgánico en el suelo (Yimer et al., 2015). Esta postura se reafirma con el posterior estudio llevado a cabo por Mekuria (2016), en el que se llega a la conclusión de que el establecimiento de cercados en tierras de pastoreo comunales degradadas en las tierras altas del norte de Etiopía es una opción viable para restaurar las reservas de carbono existentes en el suelo, las propiedades y los nutrientes del suelo y la vegetación nativa degradada. Los resultados del estudio confirman que el establecimiento de cercados en tierras de pastoreo comunales degradadas puede ser eficaz para mejorar el contenido de nutrientes y las propiedades del suelo (Mekuria y Aynekulu, 2011).

En otro estudio se observó que después de 7 años del establecimiento de los cercados de exclusión de ganadería, en la cuenca degradada de Gomit, se encontró que estos no tuvieron efecto sobre los nutrientes y el carbono del suelo y por la tanto no se podrían considerar a las exclusiones de ganadería como una opción integral de rehabilitación del suelo a corto o medio plazo, por sí solas (Mekuria et al., 2014). Esta postura está reflejada también en el estudio llevado a cabo en las grandes llanuras de norte América (principalmente Canadá y Estados Unidos), en las cuales se concluyó que la existencia de carbono orgánico en el suelo era un 12% menor en las áreas que no se pastoreaba, respecto a las que sí y las concentraciones de carbono total en el suelo son un 10% menores en el área de exclusión que en las de pastoreo (Reinhart et al., 2021). El establecimiento de

cercados no mejoró el secuestro de carbono en la sabana semiárida del sur de Etiopía (Aynekulu et al., 2017).

En cuanto a la presencia de nitrógeno en el suelo, también existen discrepancias a la hora de valorar los efectos de los cercados de exclusión de la ganadería de animales ungulados en el suelo. El nitrógeno total en el suelo es significativamente más alto en los cercados de exclusión de los animales ungulados de ganadería (Bahiru, 2008). Otros estudios han llegado a la conclusión de que el contenido medio general de nitrógeno total (en % de nitrógeno en el suelo) y las relaciones de carbono-nitrógeno (C/N) no mostraron ninguna variación con los tipos de uso de la (Yimer et al., 2015).

Los efectos de los cercados de exclusión de ganado, en el fósforo total disponible del suelo, que se han observado es significativamente mayor dentro de los cercados (Bahiru, 2008). Los cercados de exclusión mostraron mayores servicios ecosistémicos que las tierras de pastoreos comunales para las reservas de fósforo en el suelo. Con la excepción del contenido total de fósforo, en las áreas de pastoreo comunal, el cual es remarcablemente más elevado entre el primer y el cuarto año, de implementación de los cercados, que en las zonas dentro de dichos cercados (Mekuria et al., 2014).

De esta gran diversidad de resultados en los estudios realizados entorno a los efectos de los cercados de exclusión de los animales ungulados utilizados en la ganadería se puede deducir que hay más factores que intervienen en los efectos de los cercados en el suelo. La influencia de la precipitación puede depender de la textura del suelo, lo que destaca probablemente una interacción importante entre la textura del suelo, la humedad y la magnitud y el destino de las entradas de carbono subterráneo (Derner y Schuman, 2007). Los años desde la instalación del cercado, el nitrógeno disponible en el suelo y la biomasa aumentaron con el aumento del tiempo desde la restauración del sitio de pastoreo (Wang et al., 2010). Por otro lado, los tipos de ecosistemas de los pastizales pueden influir en los resultados como indica Luan et al. (2014), es posible que los impactos de las exclusiones en el secuestro de carbono dependan de los tipos de ecosistemas.

La efectividad del establecimiento de cierres para restaurar las tierras de pastoreo abiertas degradadas varía según las diferentes localidades debido a la heterogeneidad del manejo del cierre, el suelo, el clima y la topografía (Mekuria et al., 2016).

Aynekulu et al. (2017) resalta la importancia de estudiar las propiedades del suelo y las características de este, con anterioridad del establecimiento de los cercados, de esta forma se obtienen conclusiones más sólidas sobre los efectos de la exclusión de ganado en las propiedades del suelo. Esto tiene importancia en la determinación de la fertilidad de los suelos y la capacidad para albergar ecosistemas en estos.

Es de especial importancia que se realice un seguimiento de distintas condiciones de pastoreo, para cuantificar los efectos de la ganadería en cada zona. Más en específico en lo que se enfoca este estudio, los efectos de la ganadería en diferentes grados de presión, sobre las propiedades del suelo. Ya que la generalización de los resultados es una práctica errónea debido a la gran variabilidad de las características de los suelos, el clima y las especies tanto animales como vegetales. Para poder tener un conocimiento más amplio respecto a los efectos de la ganadería extensiva en el suelo, este proyecto compara el papel de cercados de exclusión respecto con las zonas libres de estos y las diferencias sobre las propiedades del suelo, en dos diferentes intensidades de ganadería.

2. Objetivo.

El objetivo de este trabajo es evaluar los efectos de la ganadería extensiva y de los ungulados silvestres en las propiedades del suelo (estabilidad de agregados, agregados totales, contenido de materia orgánica, respiración edáfica basal, contenido de nitrógeno, contenido de fósforo asimilable y carbono de la biomasa microbiana). El objetivo específico de este trabajo es entender los efectos de distintos niveles de pastoreo sobre las propiedades del suelo.

3. Material y métodos.

3.1. Descripción de la zona de estudio.

3.1.1. Área de estudio

El estudio se lleva a cabo en el Parque natural de la Sierra de Cazorla, situado en la provincia de Jaén en Andalucía, España ($38^{\circ}05'00''N$ $2^{\circ}45'00''O$). El Parque cuenta con una superficie total de 209.762,70 hectáreas, siendo el más extenso del territorio español (Figura 1).

En la parte más alta de este Parque natural, existe una meseta con vegetación seminatural denominada “Campos de Hernán Perea”. Esta meseta está cubierta por pastos comunales donde el ganado llega en Mayo/ Junio y se mantiene hasta Noviembre (Aguilera et al., 2018). Esto denota dos temporadas claramente delimitadas en relación con la presencia (temporada ganadera, junio- noviembre) o ausencia de ganado (temporada no ganadera, diciembre- mayo).

Este Parque natural cuenta con la figura de reserva de la biosfera por parte de la UNESCO, así como las de: protección zona de especial conservación (Z.E.C), zona de especial protección de las aves (Z.E.P.A) y lugar de importancia comunitaria (L.I.C).

Dentro de este Parque natural existen zonas (Campos Hernán Perea) en las que se lleva a cabo una ganadería extensiva entre los meses de junio a diciembre.



Figura 1. Imagen aérea de España, con el Parque natural de Cazorla el cual está resaltado con un cuadro rojo, para delimitar el área del Parque natural en el sudeste español (Fuente: Google Maps).

3.1.2. Ganadería doméstica y ungulados silvestres.

El tipo de ganadería presente en los campos Hernán Perea del Parque natural Cazorla es trashumante, donde el periodo de pastoreo comprende entre los meses junio y noviembre. La gran mayoría (más del 90%) son ovejas (*Ovis aries*), aún que también hay, en menor medida, cabras (*Capra aegagrus*), bovino (*Bos Taurus*) y caballos (*Equus ferus caballus*). Los ungulados silvestres se componen de jabalíes (*Sus scrofa*), ciervos (*Cervus elaphus*), gamos (*Dama dama*), munflores (*Ovis orientalis*) y cabras montesas (*Capra pyrenaica*).

3.1.3. Vegetación.

La vegetación presente en el parque natural de Cazorla es predominantemente de pinares de *Pinus halepensis*, *Pinus nigra* y *Pinus pinaster*, junto con encinas (*Quercus ilex*) y quejigos (*Quercus faginea*) de

inferior tamaño. En las praderas predominan las gramíneas, (*Aegilops geniculata*, *Aegilops triuncialis*, *Bromus hordeaceus*) (Mercado, 2011).

3.1.4. Geología.

El parque natural de Cazorla está situado en la cordillera bética, en la zona prebética. Esta zona está formada predominantemente por materiales de origen sedimentarios con formación en el Mesozoico.

Las características principales de esta zona son: la abundancia de materiales carbonatados, calizas y sobre todo dolomías, con formación en del Jurásico hasta el Cretácico; gran cantidad de lagunas estratigráficas y algunas discordancias internas en las series y abundancia de facies terrígenas de origen cretácico.

Abundan las llanuras entre los picos de las montañas, formando praderas.

3.1.5. Clima.

El parque natural de Cazorla se encuentra en el bioclima mediterráneo pluvioestacional oceánico. Con tres termotipos, el mesomediterráneo, que es el más extendido, el supramediterráneo, y el oromediterráneo. El clima es mediterráneo, con precipitaciones anuales que oscilan entre 300 y 1600 mm, y una temperatura media anual entre 12- 16°C.

3.2 Toma de muestras en campo.

Para la realización del estudio se han tomado muestras diferenciando dos tipos de cercados:

- 1) Baja Intensidad de Ganadería (BIG), en las cuales la intensidad de pastoreo de la ganadería fuera del cercado es menor porque son puntos que presentan una baja superposición de rebaños de ganado doméstico (Figuras 2 y 3).
- 2) Alta Intensidad de Ganadería (AIG), que son los puntos en los que la presión de pastoreo fuera del cercado es mayor, debido al uso común

entre distintos rebaños, a la mayor proximidad con caminos principales y a la proximidad a un abrevadero donde los animales suelen parar para beber agua (Figura 4).



Figura 2. Imagen aérea de los campos de Hernán Perea, en el Parque natural de Cazorla, en la cual se marcan los puntos donde se tomaron el primer grupo de las muestras BIG (Fuente: Google Earth).

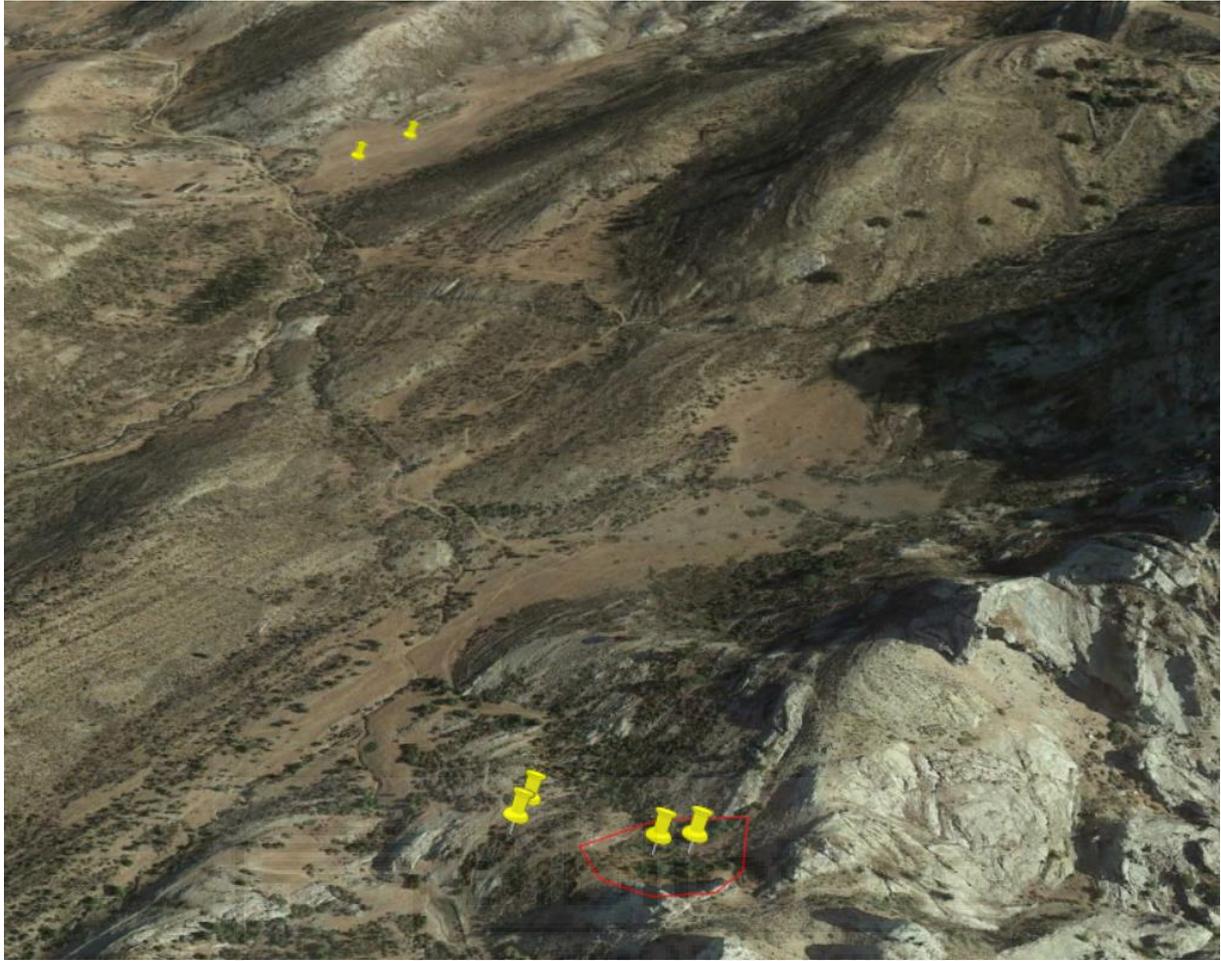


Figura 3. Imagen aérea de los campos de Hernán Perea, en el Parque natural de Cazorla, en la cual se marcan los puntos donde se tomaron el segundo grupo de las muestras BIG (Fuente: Google Earth).



Figura 4. Imagen aérea de los campos de Hernán Perea, en el Parque natural de Cazorla, en la cual se marcan los puntos donde se tomaron el segundo grupo de las muestras AIG (Fuente: Google Earth).

Dentro de estas dos zonas se distinguen dos grupos:

- Muestras tomadas dentro de los cercados (D), donde ni los animales provenientes de la ganadería ni los ungulados silvestres podían acceder.
- Muestras tomadas fuera de los cercados (F), donde los animales provenientes de la ganadería y ungulados silvestres sí podían acceder.

De la zona (D), se han recogido tres muestras, debido a la poca extensión de los cercados y la homogeneidad del suelo.

Mientras que de la zona (F) han sido tomadas seis muestras, debido a la amplia extensión del terreno fuera de los cercados.

3.3. Análisis de las muestras en el laboratorio.

En total se han recogido 36 muestras (correspondientes a 3 muestras en cada zona D, más 6 muestras en cada zona F, por los dos tipos de muestras, las BIG y las AIG, por dos puntos diferentes para cada tipo). Para el análisis en el laboratorio de las muestras se han realizado réplicas, en todos los parámetros estudiados (72 muestras analizadas).

Para la determinación del carbono oxidable del suelo se realizó mediante oxidación con dicromato potásico en medio ácido (Nelson y Sommers, 1982) al que posteriormente se le añade difenilamina para la valoración con sulfato ferroso amónico.

El método llevado a cabo para la determinación del contenido de nitrógeno ha sido el Kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982), el cual cuantifica el nitrógeno orgánico y amoniacal presente en las muestras de suelo. Este consiste en una digestión a 420°C durante 90 min, posteriormente se destila y se valora con ácido clorhídrico.

El contenido de fósforo asimilable se obtiene mediante el método de disolución extractora de Burriel-Hernando (Díez, 1982) y la posterior medición con el espectrofotómetro UV.

Para la medición de la estabilidad de los agregados se utilizó el método de la simulación de lluvia controlada de Roldán et al. (1994) basado en Benito et al. (1989). Con este método se calcula la proporción de agregados estables, que no se rompen, después de pasar las muestras por un tamiz (entre 4- 0,25mm) aplicando una lluvia artificial de energía 270 J m⁻². De este método obtenemos también los agregados totales.

Para la obtención del carbono de la biomasa microbiana presente en el suelo se siguió el método de fumigación con cloroformo (Jenkinson y Powson, 1976) adaptado por Vance et al. (1987). El carbono soluble se extrae con sulfato potásico y posteriormente se oxida el carbono soluble con dicromato potásico, en medio ácido. Por último, se mide con el espectrofotómetro UV.

La medición de la respiración edáfica basal se ha realizado con la ayuda del respirómetro de sensor múltiple (Micro-Oxymax, Columbus, OH, USA), el cual mide el nivel de CO₂ que tiene origen en la oxidación de los

compuestos orgánicos del suelo, procedente de los microorganismos heterótrofos aerobios.

3.4. Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos se ha realizado con el programa de software estadístico R versión 4.2.0.tar.gz.

Para estudiar el efecto de los ungulados domésticos y silvestres en el suelo, se utilizó la prueba de Wicoxon, descartando la hipótesis nula con un p-valor $<0,05$. Las comparaciones se han realizado entre los pares de muestras (dentro y fuera de los cercados) de los AIG y los BIG entre sí.

Mientras que para el análisis de la distribución normal de la muestra se ha empleado la prueba Shapiro- Wilk.

Los datos se han expresado en las figuras mediante boxplots, separados en cuatro grupos, dependiendo de los tipos de cercados (dentro y fuera) y las zonas donde se han recogido (BIG y AIG).

4. Resultados.

Los resultados están divididos en dos grupos, BIG y AIG independientes, que no se pueden comparar entre sí, puesto que las zonas donde se han extraído las muestras son diferentes y dependientes de muchos otros factores ajenos a la ganadería.

La materia orgánica presente en el suelo se ve afectada por la alta intensidad de ganadería (Figura 5), puesto que esta aumenta significativamente en los puntos que se encuentran fuera de los cercados de las zonas AIG, respecto a los puntos que se encuentran dentro de los cercados. Llegando a situarse la mediana en 5% de materia orgánica fuera de los cercados mientras que dentro la mediana apenas llega a 3%. Los resultados de las zonas BIG no muestran una diferencia significativa, aunque sí que muestran una gran variabilidad.

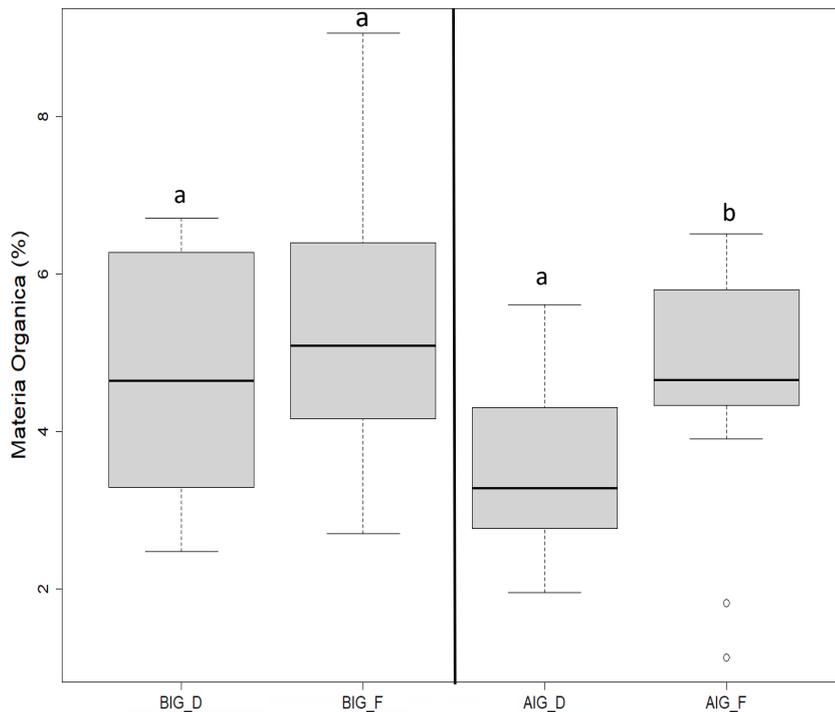


Figura 5. Box-plot del contenido de materia orgánica (%) en las muestras de suelo. Separados en dos bloques independientes, BIG (izquierda) y AIG (derecha), estos a su vez divididos en D y F. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p-valor <0,05).

En el contenido de nitrógeno (%) de las muestras tomadas en los puntos BIG no se observaron diferencias significativas (Figura 6), mientras que el los recogidos en los puntos AIG sí. La alta intensidad de ganadería y los ungulados silvestres disminuyen el contenido de nitrógeno presente en las muestras de suelo. Los valores en AIG_F, siendo significativamente menores que los AIG_D, observándose una alta variabilidad.

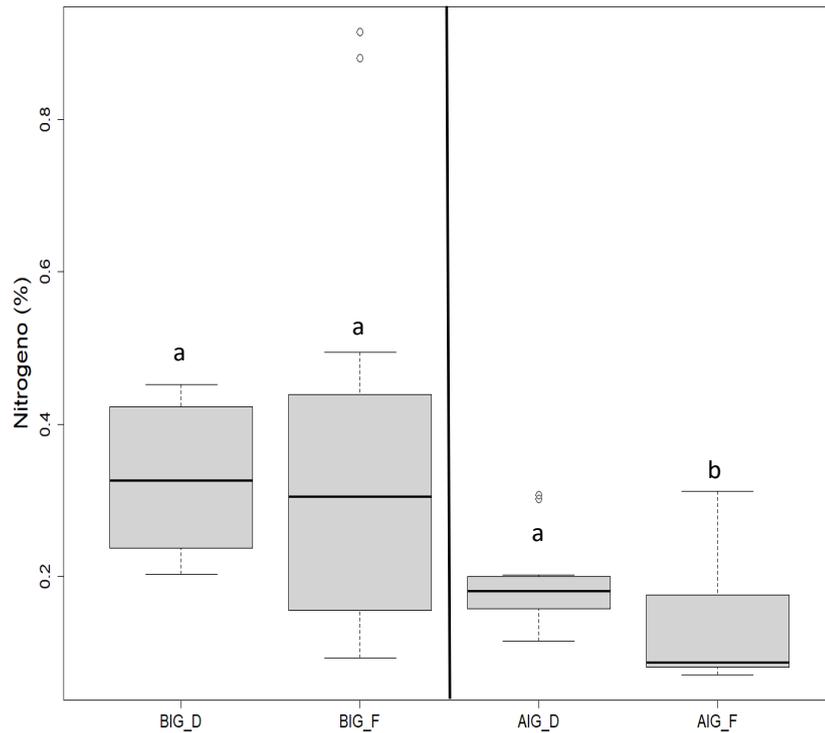


Figura 6. Box-plot del contenido de nitrógeno (%) en las muestras de suelo. Separados en dos bloques independientes, BIG (izquierda) y AIG (derecha), estos a su vez divididos en D y F. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p-valor <0,05).

En la Figura 7, referente al fósforo presente en el suelo, entre los datos recogidos del tipo AIG sí existe una diferencia estadística significativa, la cual refleja que la ganadería de alta intensidad aumenta el contenido en fósforo presente en el suelo. Los datos en ambos puntos de BIG son bastante parecidos, no hay diferencias entre los resultados dentro y fuera de los cercados.

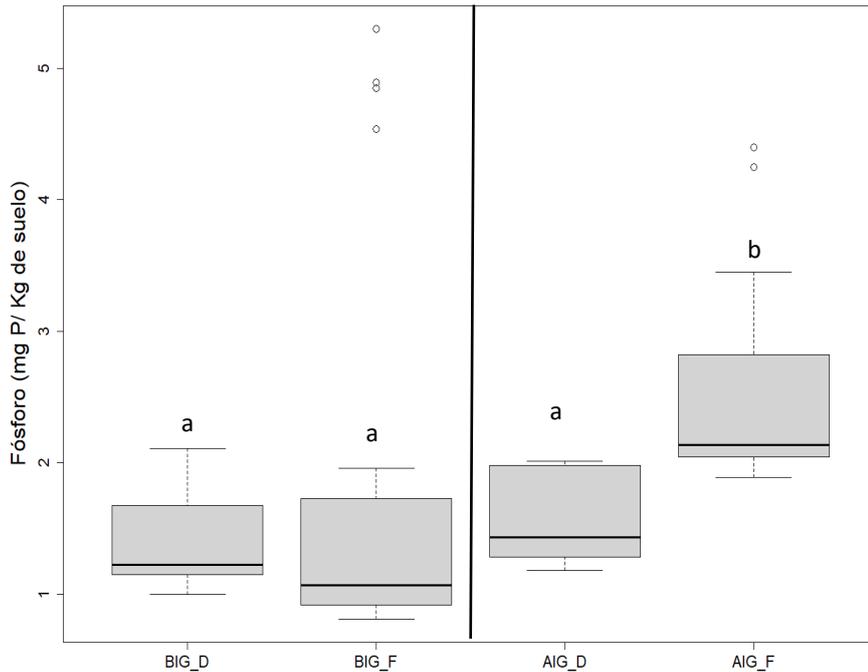


Figura 7. Box-plot del contenido de fósforo (mg P /Kg de suelo) en las muestras de suelo. Separados en dos bloques independientes, BIG (izquierda) y AIG (derecha), estos a su vez divididos en D y F. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p -valor $<0,05$).

Con respecto a la estabilidad de los agregados, como podemos observar en la Figura 8, la presencia de ganadería, tanto de baja intensidad (BIG) como de alta intensidad (AIG), aumenta la estabilidad de los agregados con una diferencia estadística significativa en ambos casos. La mediana de los valores fuera de los cercados en ambos casos está en torno a 70%, mientras que, dentro de los dos cercados, la mediana, no llega a los 60% en ninguno de los dos casos. En ambos casos tanto BIG como AIG, los valores tienen una variabilidad muy elevada.

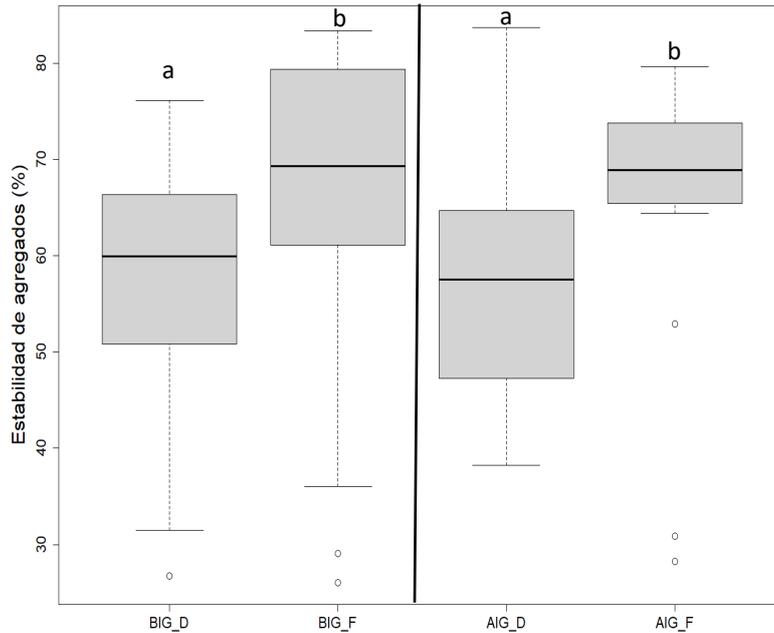


Figura 8. Box-plot del contenido de estabilidad de agregados (%) en las muestras de suelo. Separados en dos bloques independientes, BIG (izquierda) y AIG (derecha), estos a su vez divididos en D y F. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p -valor $<0,05$).



En el caso de los agregados totales presentes en el suelo (Figura 9), los diferentes grados de presión de la ganadería y los ungulados silvestres no tienen efecto significativo en ninguno de los dos tipos de ganadería, ni en baja intensidad ni alta en intensidad. Los datos en la zona de alta intensidad de ganadería tienen unos porcentajes mucho más elevados que los de baja intensidad de ganadería. Aunque ambos grupos tienen una elevada variabilidad, las muestras de fuera de los cercados de BIG, son las que más variabilidad expresan con diferencia.

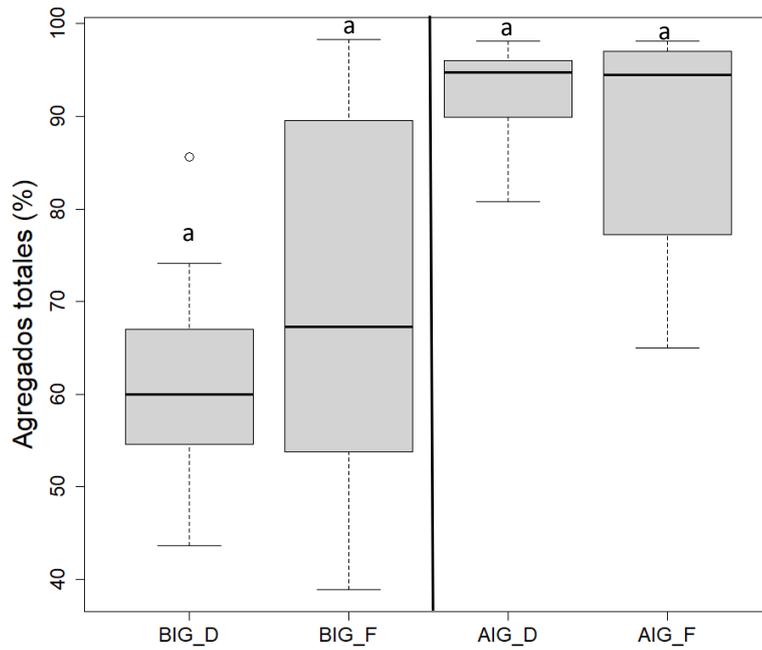


Figura 9. Box-plot del contenido de agregados totales (%) en las muestras de suelo. Separados en dos bloques independientes, BIG (izquierda) y AIG (derecha), estos a su vez divididos en D y F. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p-valor <0,05).

En cuanto a la biomasa (Figura 10), los valores referentes a la baja intensidad de ganadería no muestran un efecto de los ungulados domésticos y silvestres sobre estos puntos, pero sí una diferencia estadística entre los valores de la zona AIG que se encuentran dentro y fuera de los cercados.

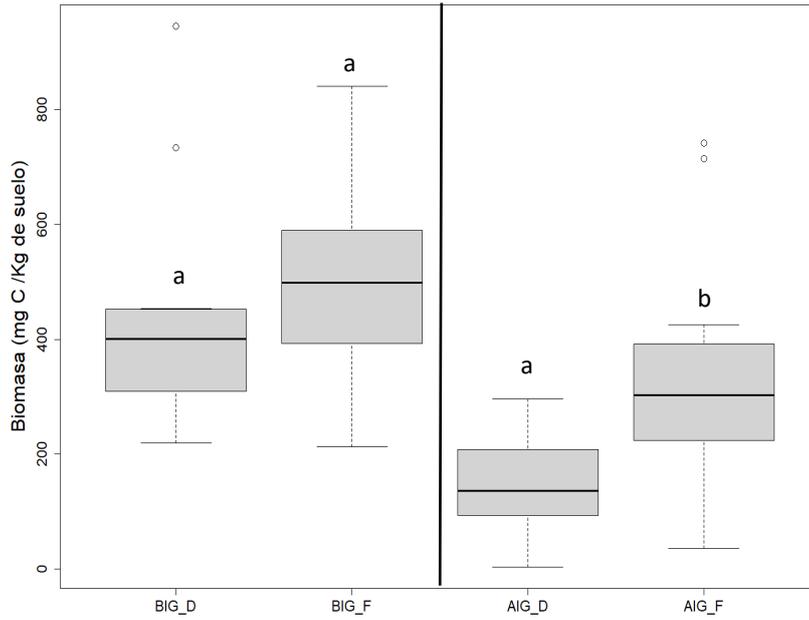


Figura 10. Box-plot del contenido de biomasa (mg C /Kg de suelo) en las muestras de suelo. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p- valor <0,05).

La respiración edáfica basal muestra unos valores muy similares para los puntos D y F de las zonas BIG, mientras que una diferencia estadística significativa en los valores del análisis de las zonas AIG. (Figura 11).

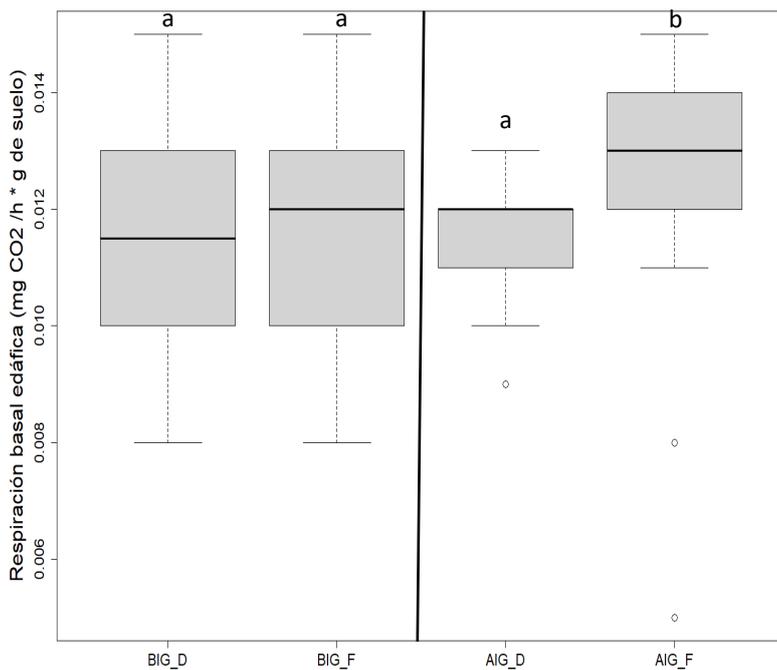


Figura 11. Box-plot del contenido de respiración edáfica basal (%) en las muestras de suelo. Separados en dos bloques independientes, BIG (izquierda) y AIG (derecha), estos a su vez divididos en D y F. Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas (p -valor $<0,05$).

5. Discusión.

El pisoteo, la defoliación y el ciclo de los nutrientes por la acción de los animales pueden considerarse en términos generales como los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo (Siavosh et al., 1999). En el caso de este estudio, los resultados reflejan que estas variables han afectado aumentando los valores de las propiedades del suelo en general en las zonas de la alta intensidad de ganadería (teniendo en cuenta las características del tipo de ganadería presente en el área de estudio, a las cuales se hace referencia en el apartado de material y métodos, pág. 12). Una forma de reducir el impacto que causan los ungulados domésticos y silvestres en las zonas con alta intensidad de ganadería es cambiar drásticamente la frecuencia de animales producidos, por sistemas complejos que presenten una actividad intercalada de producción extensiva y producción intensiva (Kronberg et al., 2021).

La materia orgánica contribuye al crecimiento de la vegetación determinando propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo. A su vez la vegetación proporciona nitrógeno, fósforo y azufre, necesarios para el crecimiento de la vegetación y sirve como fuente de energía para los organismos de la microflora, y microfauna del suelo y fomenta la buena estructura de este (Rodríguez, 2014).

Para la alta intensidad de ganadería, sí existe un efecto significativo sobre la cantidad de nutrientes en el suelo, el cual consiste en el aumento del carbono oxidable presente en el suelo, un aumento de los niveles de fósforo y una disminución del nitrógeno, fuera de los cercados de exclusión. Lo que significa que la acción de los ungulados domésticos y silvestres aumentan la materia orgánica y el fósforo, cuando esta acción es más intensa. Siempre teniendo en cuenta las características de la actividad ganadera de la zona, la cual es extensiva y trashumante, lo que conlleva que no ejerce una presión tan ingente como ejerce el pastoreo intensivo y prolongado en otras regiones.

La materia orgánica y el fósforo, presentes en el suelo, tienen un valor mayor en la zona donde hay una alta intensidad de ganadería debido a la acción de los excrementos de los animales provenientes de la ganadería y de los ungulados silvestres. El uso de abonos orgánicos puede mejorar la estructura del suelo y el contenido de nutrientes (Brechelt, 2004). Los suelos que regularmente reciben estiércol tienen mayor contenido de materia orgánica (Salazar, 2006). Si se maneja correctamente, el estiércol es una excelente fuente de nutrientes y además con importantes beneficios para el ambiente (Salazar, 2005). Las excreciones de los animales contienen los nutrientes necesarios para las plantas, la orina es rica en N, K y S, las heces contienen todo el fósforo, parte orgánica (poco asimilable) y parte inorgánica (bastante disponible de inmediato) (Siavosh et al., 1999).

Mientras que el nitrógeno ha resultado tener unos valores significativamente más bajos fuera de los cercados de alta intensidad de ganadería. Como apunta Vanderholm (1975), la volatilización de amonio es el principal proceso responsable de pérdidas de N en los suelos, y puede alcanzar hasta un 65% del nitrógeno contenido en las excretas. Carey et al. (1997) y Mkhabela et al. (2009) por su parte indican que esto sucede también cuando en lugar de las excretas se añaden los purines, y señalan que la razón estaría en la producción de elevados niveles de desnitrificación por efecto de los elevados contenidos de amonio en los suelos.

Como pasa en los tres casos, la materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo, la zona de baja intensidad de ganadería no presenta ninguna diferencia significativa entre las muestras recogidas dentro de los cercados de exclusión y las muestras recogidas fuera de estos. Puesto que la intensidad de la ganadería de esta zona es ínfima, no siendo suficiente para tener un efecto significativo en estas propiedades químicas del suelo.

La estabilidad de los agregados es una de las propiedades más importante del suelo para indicar la estructura de este. Influye en diversos aspectos del comportamiento físico del suelo, principalmente en la infiltración del agua y la erosión (Marín et al., 2020). La estabilidad de los suelos depende de varios factores. Uno de ellos es la materia orgánica del suelo, ya que ayuda a mantener las partículas minerales unidas (Pulido Moncada et al., 2009). Es difícil obtener una correlación consistente entre la estabilidad de los agregados y otras propiedades importantes del

suelo, como la erosionabilidad del suelo o el potencial de formación de costras (Amézketa, 1999) por lo que, con los análisis llevados a cabo, es difícil sacar conclusiones sobre la calidad del suelo más allá de los dos datos obtenidos. Las raíces de las plantas son cruciales para reducir las tasas de erosión del suelo, debido a que su presencia afecta las propiedades del suelo, como la estabilidad de los agregados (Ola et al., 2015). El aporte de nutrientes, el aumento de la materia orgánica y el pisoteo, son las causas principales de que exista una estabilidad de los agregados mayor tanto en las zonas de alta intensidad de ganadería, como en la zona de baja intensidad de ganadería, donde la estabilidad de los agregados aumenta, eso sí, con una magnitud menor, debido a que el aporte de nutrientes y materia orgánica por parte de los ungulados es menor.

En el caso de los agregados totales, estos no presentan, en ninguno de los dos casos, alta y baja intensidad, una diferencia significativa, pero sí una alta variabilidad en los valores de las muestras. Por lo que es posible que la intensidad de la ganadería, en ninguna de las dos zonas y la presencia de ungulados silvestres causantes del pisoteo, no es suficiente para que tenga efecto sobre el suelo y sobre la cantidad de agregados totales.

De estos dos análisis se puede entender que si el porcentaje de agregados totales no varía significativamente por efecto de los ungulados domésticos proveniente de la ganadería y de los ungulados silvestres, mientras que la estabilidad de los agregados sí, en ambas intensidades de pastoreo, la estructura de los suelos que albergan esta práctica favorecen la estabilidad de los agregados, ya que con la misma cantidad de agregados, existe un mayor número de agregados que son estables y por lo tanto una presencia menor de agregados inestables, que no son capaces de soportar la erosión del suelo.

Los últimos dos resultados obtenidos de los análisis se pueden entender mejor conjuntamente, la biomasa y la tasa de respiración edáfica basal. Existe una correlación elevada entre el contenido de carbono orgánico total en el suelo con la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas existentes en este (Farrús, 2016). La forma de mejorar la fertilidad de los suelos degradados y en particular de mejorar su actividad microbiana es adicionando materia orgánica exógena “joven” que

contribuya a aportar materia orgánica lábil para estimular la vida de los microorganismos existentes en el suelo (Hernández Fernández et al., 2007).

En los dos casos se ha observado que los efectos de los ungulados domésticos ganaderos y los silvestres no tienen ningún efecto significativo en las muestras de la zona de baja intensidad de ganadería. Lo que se traduce en que la presión de pastoreo en esta zona es tan baja que no llega a provocar efecto alguno en estas propiedades del suelo. Aunque en ambos casos existe una alta variabilidad en los resultados de los análisis de las muestras.

Por el contrario, estas dos propiedades se ven afectadas por la alta presión de pastoreo y sendas propiedades muestran un aumento. Esto se puede explicar debido al aumento de la materia orgánica del suelo que experimentan los puntos de la zona de alta intensidad de ganadería, debido a la mayor acción de los ungulados domésticos y silvestres. Estos resultados apoyan la teoría de que la materia orgánica proporciona nitrógeno, fósforo y azufre, necesarios para el crecimiento de la vegetación y sirve como fuente de energía para los organismos de la microflora, y microfauna del suelo y fomenta la buena estructura de este (Rodríguez, 2014). Ya que una mayor cantidad de materia orgánica en el suelo conlleva una mayor cantidad de carbono, lo cual se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes y a su vez provoca un aumento del número de microorganismos presentes en el suelo.

Puede que la tasa de respiración edáfica basal sea mayor debido a una mayor presencia de microorganismos que estén presentes en el suelo. Un mayor suministro de materia orgánica podría favorecer una mayor población de bacterias, que atacan rápidamente los sustratos orgánicos y aceleran los procesos de oxidación biológica (Pardo Plaza et al., 2019). Por lo que la tasa de respiración edáfica basal también aumenta en las zonas de alta intensidad de ganadería debido al aumento del carbono y de la materia orgánica presente en el suelo.

6. Conclusiones.

La ganadería de tipo trashumante y con una baja presión no tiene efecto sobre las propiedades químicas y biológicas. Por lo que en este estudio se concluye que, a

muy bajo grado de pastoreo, y con unas características similares a las del estudio, no hay efectos significativos en las propiedades del suelo.

La alta presión de la ganadería en los campos Hernán Perea del Parque Nacional de Cazorla, tiende a aumentar la cantidad de materia orgánica, fósforo, estabilidad de agregados, biomasa y respiración edáfica basal estudiadas del suelo.

7. Proyección futura.

Este trabajo de final de grado puede funcionar como punto de partida para entender cómo afecta la práctica de la implementación de los cercados de exclusión y los diferentes niveles de presión de la ganadería, a lo largo del tiempo, dependiendo y comparándola con el clima y con el cambio climático que se está viviendo e intensificando en los últimos años.

Un buen lugar para elaborar un nuevo estudio sobre los efectos de la ganadería y la diferencia de presión de esta en las propiedades del suelo es el Parque regional de Sierra Espuña, donde se discute la futura introducción de la ganadería. Sería una buena oportunidad para hacer un seguimiento de este estudio ya que es una sierra virgen de ganadería y puede funcionar como control.

Un área de estudio interesante relacionada con el tema de este trabajo es el efecto y la relación entre las diferentes especies vegetales, sobre los ciclos biológicos y químicos, del suelo, y la ganadería, dentro y fuera de los cercados de exclusión de animales provenientes de la ganadería y el efecto que esta relación tiene en las propiedades del suelo.

Derivado de este estudio se puede obtener información útil para la gestión del territorio y del suelo, así como de la ganadería, tanto de esta misma como de su intensidad. Y por consiguiente se puede obtener información para la gestión de los ecosistemas y los animales silvestres presentes en este.

También se puede extraer información útil para la gestión de otras actividades humanas como podría ser la ganadería extensiva de especies de animales ungulados domésticos y/o la caza de animales silvestres ungulados.

8. Bibliografía.

Diamond, J. 1997. Armas, gérmenes y acero: breve historia de la humanidad en los últimos trece mil años. *Debate*.

Cingolani, A. M. Noy-Meir, I. Renison, D. D. Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología austral, volumen 18, número 3, septiembre/ diciembre 2008*.

Mellado, A. García de Lucas, S. Cuerda, D. Lorite J. 2021. Efecto del vallado de protección en la conservación de seis especies de flora amenazada. *XV Congreso nacional de la AEET*.

Mekuria, W. Veldkamp, E. Corre, M. D. Granizo, M. 2011. Restauración de las reservas de carbono del ecosistema después del establecimiento de la exclusión en tierras de pastoreo comunales en Tigray, Etiopía. *Soil Science Society of America Journal, volumen 75, número 1, págs. 246-256*.

Yimer, F. Alemu, G. Kadir, A. A. 2015. Variaciones de la propiedad del suelo en relación con los tipos de uso de la tierra de pastoreo abierto y de exclusión en el área central del Valle del Rift de Etiopía. *Environmental Systems Research, volumen 4, artículo número 17*.

Mekuria, W. Aynekulu, E. 2011. Gestión de terrenos exclusivos para la restauración de suelos en tierras comunes de pastoreo degradadas en el norte de Etiopía. *Degradación y desarrollo de la tierra, volumen 24, número 6, págs. 528-538.*

Mekuria, W. Langan, S. Noble, A. Johnston, R. 2014. El contenido de nutrientes y carbono orgánico del suelo no está influenciado por las exclusiones establecidas en las tierras de pastoreo comunales en la cuenca del Nilo, en el norte de Etiopía. *En Conferencia Internacional sobre Avances de Ciencias Agrícolas, Biológicas y Ambientales (AABES- 2014), octubre, págs. 15-16.*

Reinhart, K. O. Sanni, H. S. Rinella, M. J. Vermeire, L. T. 2021. Ganadería aumenta el carbono orgánico del suelo en las Grandes Llanuras del Norte. *Rangeland Ecology & Management, volumen 79, noviembre 2021, págs 22-27.*

Aynekulu, E. Mekuria, W. Tsegaye, D. Feyissa, K. Angassa, A. Leeuw, J. Speherd, K. 2017. La exclusión de ganado a largo plazo no afectó el carbono del suelo en los pastizales del sur de Etiopía. *Geoderma, volumen 301, diciembre 2017, págs. 1-7.*

Bahiru K. M. 2008. El recinto como opción viable para la rehabilitación de suelos degradados y la conservación de la biodiversidad: el caso de Kallu Woreda, sur de Wello. *Escuela universitaria de estudios de posgrado de Addis Abebe, Etiopía, págs. 1-99.*

Derner, J. D. Schuman, G. E. 2007. Secuestro de carbono y pastizales: una síntesis de la gestión de la tierra y los efectos de la precipitación. *Jurnal of soil and watwr conservation, marzo 2007, 62 (2) 77-85.*

Wang, C. Han, X. Xing, X. 2010. Efectos de la exclusión del pastoreo en la mineralización neta de nitrógeno del suelo y la disponibilidad de nitrógeno en una

estepa templada en el norte de China. *Journal of Arid Environments*, volumen 74, issue 10, octubre 2010, págs. 1287- 1293.

Luan, J. Cui, L. Xiang, C. Wu, J. Song, H. Ma, Q. Hu, Z. 2014. Diferentes efectos de las exclusiones por eliminación del pastoreo en las existencias de carbono del suelo entre los ecosistemas alpinos en el este de la meseta de Qinghai, Tíbet. *Ecological engineering*, volumen 64, marzo 2014, págs. 262- 268.

Mekuria, W. Langan, S. Noble, A. Johnston, R. 2016. Restauración del suelo después de siete años de gestión de zonas aledañas en el nordeste de Etiopía. *Land degradation and development*, volumen 28, issue 4, págs. 1287- 1297.

Abay, K. Tewolde-Berhan, S. Teka, K. 2020. El efecto de las exclusiones en la restauración de las propiedades del suelo en las condiciones de las tierras bajas de Etiopía. *SN Applied Sciences*, 2, número de artículo 1771, 2020.

Aguilera-Alcalá, N., Arrondo, E., Pascual-Rico, R. et al. (2022). El valor de la trashumancia para la conservación de la biodiversidad: alimentación de buitres en relación con los movimientos de ganado. *Ambiente* 51, págs. 1330–1342

Mercado, F. G. 2012. Vegetación y flora de la Sierra de Cazorla. *Guineana*, volumen 17, febrero 2012.

Nelson, D. V. Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (Eds), *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Biological Methods. American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, WI: 539-579.*

Bremner, J. M. Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen total. In: Page, A. L. Miller, R. H. Keeney, D. R. (Eds), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Madison: 595-624.

Díez, J. A. 1982. Consideraciones sobre la utilización de la técnica extractiva de Burriel-Hernando para la evaluación de fósforo asimilable en suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología* 41: 1345-1353.

Roldán, A. García Orenes, F. Lax, A. 1994. An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1699-1707.

Benito, E., Díaz-Fierros, F. (1989). Estudio de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *Anales de Edafología y Agrobiología* 48: 229-253.

Jenkinsn, D. S. Powlson, D. S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V: A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8: 209-213.

Vance, E. D. Brookes, P. C. Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703-707.

Siavosh, S. Rivera. J. M. Gómez, M. E. 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. FAO-CIPAV, Cali, Colombia, 77-95.

Elizondo- Salazar, J. A. 2005. El fósforo en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana*, volumen 16 (2), págs. 231-238.

Elizondo- Salazar, J. A. 2006. El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana*, págs. 69- 77.

Kronberg, S. L. Provenza, F. D. Van Vliet, S. Young, S. N. 2021. Cierre de ciclos de nutrientes para la producción animal: problemas agroecológicos y socioeconómicos actuales y futuros. *Animal*, 15, 100285.

Marín Sanleandro, P., Sánchez Navarro, A., Delgado Iniesta, M. Fernández-Delgado Juárez, M. 2020. El impacto de la ganadería y la agricultura en los ecosistemas terrestres. Relación entre la estabilidad estructural con los tipos y usos del suelo en el sureste de España. *En Congreso Internacional sobre desertificación*.

Pérez, C. A., De la Ossa, V. J. Montes, V., D. 2012. Hongos solubilizadores de fosfatos en fincas ganaderas del departamento de sucre. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, volumen 4(1), págs. 35–45.

Pulido-Moncada, M. A., Lobo-Luján, D. Lozano-Pérez, Z. 2009. Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrociencia*, 43(3), 221-230.

Amézketa, E. 1999. Soil Aggregate Stability: A Review, *Journal of Sustainable Agriculture*, 14:2-3, 83-151

Rodríguez. C, E. G. 2014. Cambios en el contenido de carbono orgánico e índice de estabilidad estructural procedentes de varios usos de suelo de sistemas ganaderos y altitudes en la Provincia del Sumapaz. *Maestría Ciencias Agrarias*.

Farrús, E. 2016. Influencia de la fertilización sobre la actividad biológica del suelo. Estudio comparativo de diferentes fuentes de materia orgánica. *Doctoral dissertation, Universitat de les Illes Balears*.

Brechelt, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. *Fundación Agricultura y Medio Ambiente. Red de acción de Plaguicidas y sus alternativas para América Latina*.

Carey, P.L. Rate, A.W. Cameron, K.C. 1997. Destino del nitrógeno en purines de cerdo aplicados a un suelo de pasto de Nueva Zelanda. *Investigación del suelo*, 35 (4), 941-959.

Mkhabela, M.S. Gordon, R. Burton, D. Smith, E. Madani, A. 2009. El impacto de las prácticas de gestión y las condiciones meteorológicas en las emisiones de amoníaco y óxido nitroso después de la aplicación de purines de cerdo a la hierba forrajera en Nueva Escocia. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 130 (1-2), 41-49.

Rivero, C. cabrales, E. Santana, G. Rivas, M. Pulido, M. Rey, J. Lobo, D. Lozano, Z. Araque, H. 2017. Efecto del pastoreo de cerdos sobre las fracciones de nitrógeno, carbono y fósforo del suelo.

Vanderholm, H. 1975. Pérdidas de nutrientes por desechos de ganado durante el tratamiento y manejo de almacenamientos. *3er Simposio sobre Manejo de Desechos de Ganado. Chicago, p20.*

Ola, A. Dodd, I. C. Quinton, J.N. 2015. ¿Podemos manipular la arquitectura del sistema radicular para controlar la erosión del suelo?, *SOIL*, 1, 603–612.

Hernández Fernández, M.T. Mataix Solera, J. Lichner, L. et al., 2007. Evaluación de los efectos microbiológicos, bioquímicos, edafológicos e hidrológicos de la mejora de suelos degradados en la España semiárida. *Biología* 62, 542–546.

Pardo Plaza, Y. J. Paolini Gómez, J. E. Cantero Guevara, M. E. 2019. Biomasa microbiana y respiración basal del suelo bajo sistemas agroforestales con cultivos de café. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1).