8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE - 1056

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza

Impacto del pastoreo extensivo en las propiedades del suelo en bosques abiertos de montaña en la región mediterránea

FONSECA FELÍCIA[1], ALVES LEONARDO[2], LOPES ANA TERESA[2], CASTRO MARINA[1], CASTRO JOSÉ[2] y FIGUEIREDO TOMÁS[1]

[1] Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Plolitécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal, ffonseca@ipb.pt
[2] Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Resumen

El desbroce mecánico y el pastoreo son técnicas habituales en la gestión de la vegetación en los espacios abiertos de las colinas mediterráneas. A pesar de sus reconocidos beneficios en la prevención de incendios forestales, es importante tener en cuenta sus impactos en las propiedades físicas y químicas del suelo. En un bosque montañoso abierto del NE de Portugal, se analizaron muestras de suelo a profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm tomadas en dos momentos: antes del desbroce mecánico y después de 18 meses de pastoreo de ovejas. Los resultados indican que el desbroce ha inducido un significativo descenso del potasio extraíble, y ligero descenso del contenido de materia orgánica y nitrógeno en las capas más profundas. Las bases de cambio y la acidez de cambio no sufrieron cambios expresivos, como indican los valores de pH y de la capacidad de intercambio catiónico. Tras el pastoreo, el fósforo y el potasio extraíbles, la materia orgánica, las bases de cambio y la capacidad de intercambio catiónico han aumentado significativamente en la capa superficial, reduciendo la acidez del suelo. En cuanto a las propiedades físicas, sólo la permeabilidad del suelo ha sido afectada negativamente por el pastoreo.

Palabras clave

Gestión de la vegetación, propiedades químicas del suelo, propiedades físicas del suelo, NE de Portugal.

1. Introducción

El pastoreo extensivo constituye una herramienta eficaz para la gestión de la vegetación en los bosques abiertos de la montaña mediterránea. Contribuye a la gestión de la vegetación (herbácea y arbustiva) para la reducción del combustible y disminución del riesgo de incendio forestal (Pardini et al., 2007; Fonseca et al., 2021). Sin embargo, el pastoreo es un proceso complementario al fuego prescrito o el desbroce mecánico (Torres-Manso, 2011), reduciendo aproximadamente en un 75% los costes asociados a estas prácticas tradicionales, tras el aumento de los intervalos de tiempo entre las intervenciones (intervalos de 12 años con pastoreo frente a intervalos de 3 años sin pastoreo) (Varela et al., 2007). Además, hay que añadir las ganancias medioambientales, ya que el uso recurrente de la quema prescrita provoca daños sustanciales a los ecosistemas, como la degradación de la calidad del suelo y del agua y la emisión de gases de efecto invernadero (Fonseca et al., 2017).

Portugal, presenta un pasado histórico en el que la ganadería extensiva jugaba un papel crucial en la economía de las zonas rurales, pero esta práctica se ha perdido por la pérdida de mano de obra (pastores y ganaderos), el despoblamiento y envejecimiento de la población rural y la ausencia de planificación de los espacios rurales (Fonseca et al., 2021). La Estratégia Nacional para as Florestas Portuguesas indica el pastoreo extensivo como técnica de gestión del combustible, pero su uso con esta finalidad es todavía muy bajo (Castro et al., 2018), ya que las

zonas más importantes para la ganadería están en territorios de baja densidad de población, como es el caso del Alentejo, Beira Interior y Trás-os-Montes.

Una carga ganadera adecuada y con tiempo reducido de estancia en un espacio determinado son factores esenciales para evitar la excesiva disminución de la cobertura de vegetación y la consiguiente exposición del suelo a procesos erosivos y el deterioro de la calidad de los hábitats para la fauna (Díaz-Solís et al., 2016). Un pastoreo bien gestionado en el espacio y en el tiempo puede contribuir al aumento de la biodiversidad, a la distribución de los nutrientes en el suelo y a la mejora de su calidad. La calidad del suelo es un concepto centrado en la dinámica de sus propiedades y procesos, constituyéndose un factor esencial para la sostenibilidad de la biosfera y, en particular, de los sistemas forestales. En este sentido, a pesar de los reconocidos beneficios del pastoreo extensivo en la reducción de combustible y la prevención de incendios forestales, es importante conocer los impactos causados en las propiedades físicas y químicas del suelo. El suelo es un recurso estratégico para el desarrollo sostenible de la humanidad, y su preservación tiene una importancia incuestionable.

2. Objetivos

El presente trabajo pretende estudiar los efectos del desbroce mecánico y del pastoreo extensivo de ovejas en las propiedades físicas y químicas en un suelo de un bosque abierto de la montaña mediterránea.

Los suelos se muestrearon antes de la aplicación del desbroce mecánico (Control; C) y, 18 meses más tarde, se estudiaron los efectos del pastoreo. Se compararon aún las áreas pastoreadas (Desbroche Mecánico + Pastoreo; DM + P) con las áreas no pastoreadas (Desbroche Mecánico; DM).

3. Metodología

El área de estudio es de aptitud forestal, y está situada en Vimieiro, Mirandela, NE de Portugal (41°32'41"N 7°03'13"O), entre los 474 y 534 metros de altitud (Figura 1). La temperatura media anual es de 14°C y la precipitación media anual es de 508 mm, concentrada entre octubre y abril, con una marcada estación seca entre junio y agosto (Agroconsultores y Coba, 1991). Los suelos se clasifican como Leptosoles Districos derivados de esquistos (la litología dominante son esquistos).

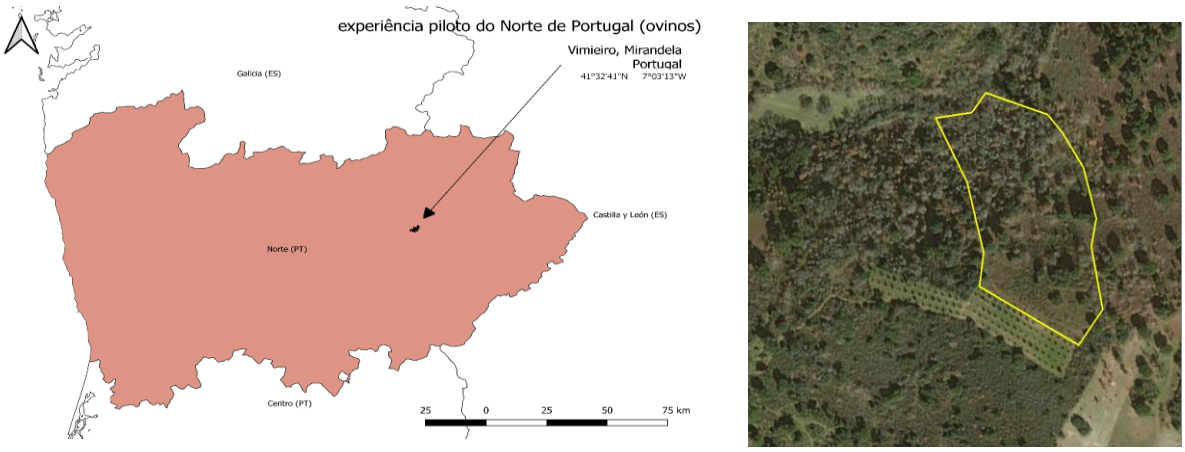

Figura 1. Localización del área de estudio, Vimieiro, Mirandela, NE de Portugal.

Se trata de un bosque abierto de montaña en el que la vegetación arbórea es esencialmente *Quercus rotundifolia*, *Quercus faginea* y *Quercus suber*. Junto a estas especies se encuentra un sotobosque denso de *Cytisus multiflorus*, *Cytisus scoparius*, *Cystus ladanifer* y *Lavandula stoechas*, y alguna vegetación herbácea.

La zona experimental ocupa 4,3 ha y comprende 3 tratamientos: (1) parcela sin desbroce mecánico y con pastoreo extensivo, que representa el tratamiento tradicional en una superficie de 906 m^2 (Control, C); (2) parcela con desbroce mecánico sin pastoreo, de 400 m^2 (Desbroce Mecánico sin pastoreo, DM); (3) parcela con desbroce mecánico seguido de pastoreo con 41 694 m^2 (Desbroce Mecánico con Pastoreo; DM + P) (Figura 2). El pastoreo extensivo de ovejas se produjo durante un período de 18 meses, entre diciembre de 2019 y mayo de 2021. Los restos de vegetación obtenidos tras el desbroce mecánico fueron fragmentados y ligeramente incorporados a la capa superficial del suelo. Esta operación se realizó simultáneamente con el corte mecánico.

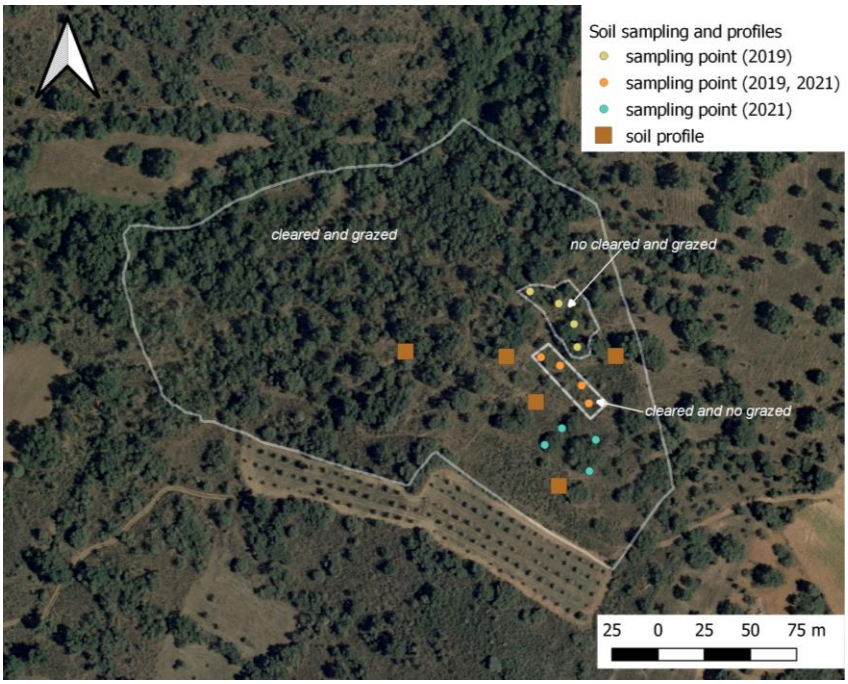

Figura 2. Distribución espacial de los puntos de muestreo en la zona de estudio.

En 2019 se realizó la caracterización del suelo antes de la aplicación del desbroce mecánico (Control, C). Se recogieron muestras de suelo al azar a profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm en 4 sitios distintos.

En 2021, en la zona sometida a desbroce mecánico, se evaluaron los efectos del pastoreo sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Se tomaron muestras de suelo a profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm en 4 sitios al azar en el área pastoreada preferida por las ovejas (DM + P) y en el área no pastoreada (DM). La permeabilidad se midió en los mismos sitios en muestras inalteradas recogidas en cilindros de 100 cm^3 en la capa superior del suelo (0-5 cm). En el tratamiento tradicional (Control; C) no se realizaron evaluaciones en 2021, ya que el rebaño de ovejas permaneció muy poco tiempo en esta zona y no cabía esperar cambios significativos en las propiedades del suelo en el periodo considerado (18 meses).

Las muestras de suelo se secaron al aire, se tamizaron con un tamiz de malla de 2 mm para determinar la materia orgánica, la concentración de nutrientes, el pH del suelo, la acidez de intercambio y la capacidad de intercambio catiónico. Se utilizó el método Tinsley para la materia orgánica, el método Kjeldahl para el N total y el método Egner-Riehm para el fósforo y el potasio extraíbles. El pH se determinó en una suspensión de suelo-agua (1: 2,5). Las bases de intercambio se evaluaron por absorción atómica (Ca^{2+} y Mg^{2+}) y por espectrofotometría de emisión de llama (K^+ y Na^+). La capacidad de intercambio catiónico se calculó a partir de la suma de las bases de intercambio y la acidez de intercambio. La permeabilidad se evaluó en el laboratorio, en muestras de suelo inalteradas, en un permeámetro de carga constante de circuito cerrado. En las mismas muestras de suelo, también se evaluaron las propiedades físicas, que están relacionadas con la permeabilidad, como la densidad aparente, la porosidad total, la microporosidad, la macroporosidad, la capacidad de campo y la capacidad de saturación de agua.

El tratamiento estadístico de los datos incluyó la estadística descriptiva, el análisis de varianza (unidireccional) y las pruebas de comparación de medias (Tukey, $p < 0,05$).

4. Resultados y Discusión

4.1. Materia orgánica del suelo

El pastoreo (DM + P) contribuyó a un aumento significativo de la concentración de materia orgánica en la capa superior del suelo (0-5 cm). El contenido de materia orgánica casi se duplicó en relación con el tratamiento tradicional (C) y registró un aumento de alrededor del 30% en comparación con el tratamiento con desbroce mecánico (DM), presentando en las restantes capas (5-10 y 10-20 cm), valores muy similares (Figura3).

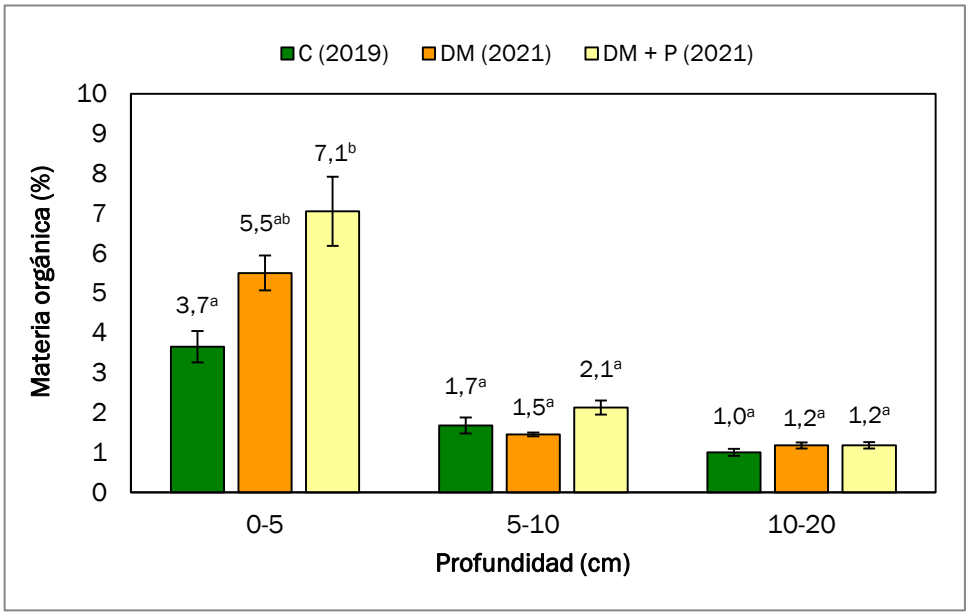

Figura 3. Materia orgánica (%) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p < 0,05).

Dado que las muestras de suelo se recogieron en los lugares de pastoreo preferidos por las ovejas, el aumento de la materia orgánica en la capa superficial puede deberse a los residuos

animales (heces y orina) y también a la humificación de los componentes de la vegetación que se incorporaron parcialmente a la capa superficial del suelo durante el desbroce mecánico (Herrero et al., 2016; Fonseca y Figueiredo, 2018). La translocación de componentes orgánicos en el suelo puede justificar el ligero aumento del contenido de materia orgánica en la capa de 5-10 cm (Patrício et al., 2018).

La materia orgánica desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la calidad del suelo (Percival et al., 2000), y a menudo se considera uno de los principales indicadores de la calidad del suelo (Karlen et al., 1994; Sharma et al., 2005). El aumento de la materia orgánica por efecto del pastoreo puede representar una importante contribución al secuestro de carbono del suelo, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Fonseca et al., 2019).

4.2 - Nitrógeno total

Los valores de nitrógeno total (NT) son muy bajos y con apenas diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en la capa superficial en comparación con el tratamiento tradicional (C) (Figura 4). La concentración de NT no ha sido afectada significativamente por el pastoreo y los valores más altos se registran en la capa superficial (0-5 cm) (Figura 4, DM y DM + P). Tal y como se esperaba, las variaciones a lo largo del perfil del suelo siguen de cerca las variaciones de la materia orgánica.

El nitrógeno constituye un factor limitante para la mayoría de los ecosistemas forestales, especialmente en las zonas templadas (Ellsworth, 2004).

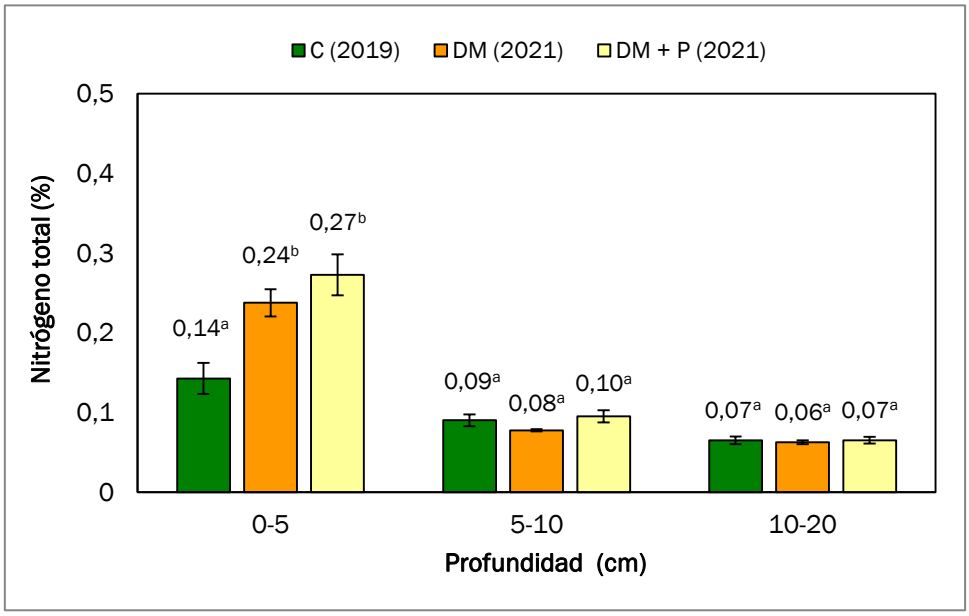

Figura 4. Nitrógeno total (%) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

4.3 – Fósforo y potasio extraíbles

El fósforo extraíble y el potasio mostraron un comportamiento diferente, debido al efecto del pastoreo. El fósforo aumentó significativamente en la capa superficial (0-5 cm), manteniendo valores similares en las capas más profundas (5-10, 10-20 cm), pero con tendencia a disminuir (Figura5). Los efectos del desbroce mecánico sin pastoreo (DM) no son muy significativos en

comparación con los otros tratamientos. Los valores se consideran bajos (26-50 mg kg^{-1}) a medios (51-100 mg kg^{-1}) (Santos, 2015).

El potasio extraíble demuestra aumentos significativos en las tres capas del suelo y el pastoreo contribuyó a que los valores pasaran de medios (51-100 mg kg^{-1}) a muy altos (> 200 mg kg^{-1}) (Figura 6).

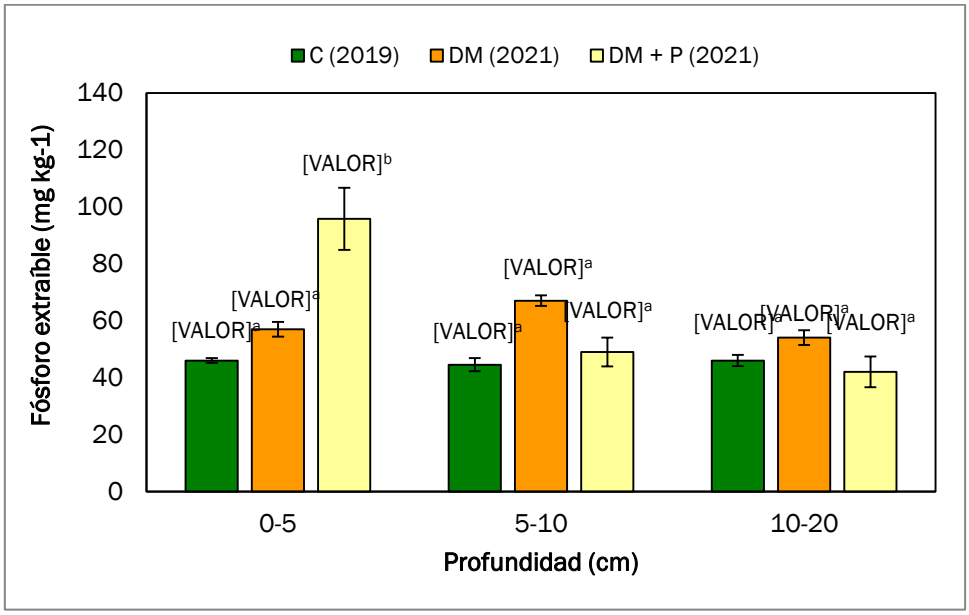

Figura 5. Fósforo extraíble (P_2O_5, mg kg^{-1}) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p < 0,05).

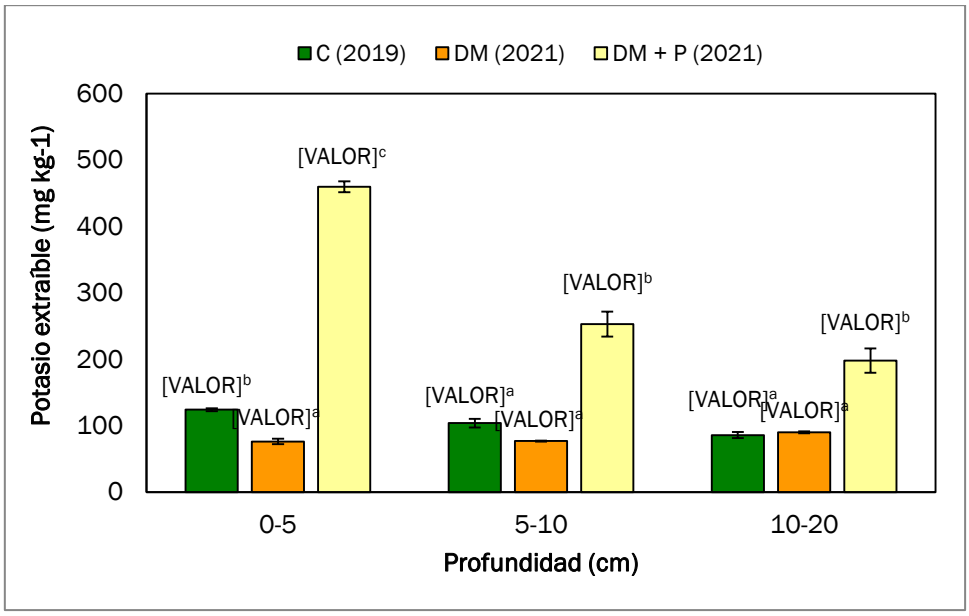

Figura 6. Potasio extraíble (K_2O, mg kg^{-1}) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p < 0,05).

Los valores bajos de fósforo pueden que estén relacionados con procesos de retención y fijación en el suelo. La generalidad de los suelos del territorio portugués son pobres en este nutriente (Arrobas y Coutinho, 2002). El potasio tiene una alta movilidad en el suelo, sufriendo una redistribución a lo largo del perfil del suelo (Fonseca et al., 2017).

Las variaciones de estos parámetros en el suelo parecen depender directamente del efecto de los residuos (heces y orina) producidos por los animales.

4.4 – Suma de bases de intercambio, acidez de intercambio y valores de pH

La suma de la base de intercambio (SBI) casi se duplicó en la capa superficial (0-5 cm) por el pastoreo (DM + P), registrando valores mucho más bajos en las capas más profundas (5-10 y 10-20 cm), pero siempre más altos en relación con la situación sin pastoreo (DM). El desbroce mecánico (DM) contribuyó a la pérdida de bases de intercambio en todas las profundidades del suelo (Figura 7). Por el contrario, la acidez de intercambio (Al) disminuyó en los tres estratos por efecto del pastoreo (Figura 8).

El pastoreo produjo importantes cambios en la suma de intercambio de bases (SBI) y en la acidez de intercambio (Al), lo que se refleja en la capacidad de intercambio de cationes (CIC) (Figura 9) y en los valores de pH del suelo (Figura 10). El elevado aumento de la CIC en la capa superficial (0-5 cm) (Figura 9) está relacionado con el correspondiente aumento de la materia orgánica (Figura 3). Los valores de pH H_2O) se vieron afectados por el aumento de las bases de intercambio, principalmente en la capa superior, y por la disminución de la acidez de intercambio (Al). Debido al efecto del pastoreo, en la capa de 0-5 cm el suelo cambió de ácido (5,3) a subácido (5,8) (Costa, 2011) (Figura 10).

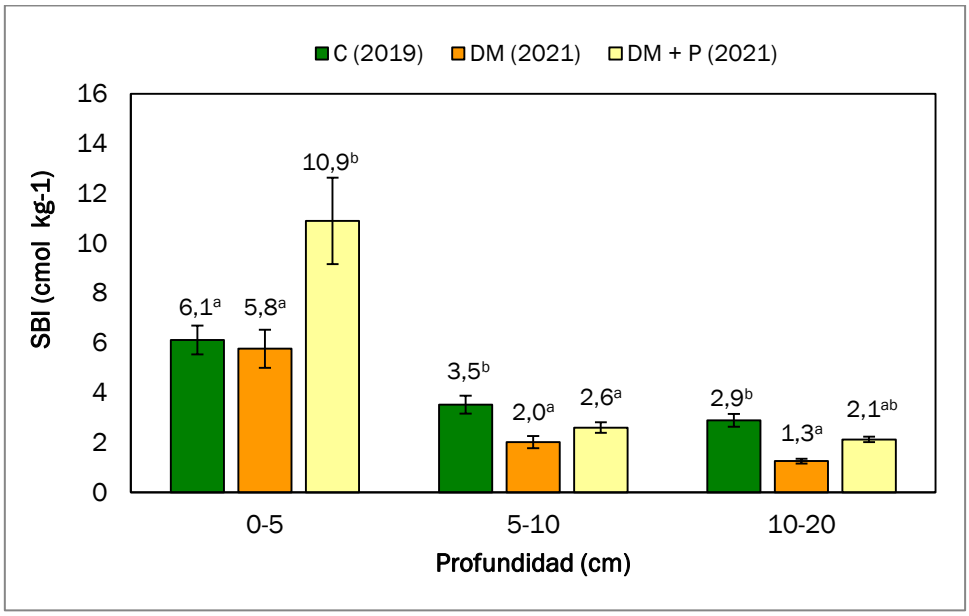

Figura 7. Suma de bases de intercâmbio (SBI, cmol kg^{-1}) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p < 0,05).

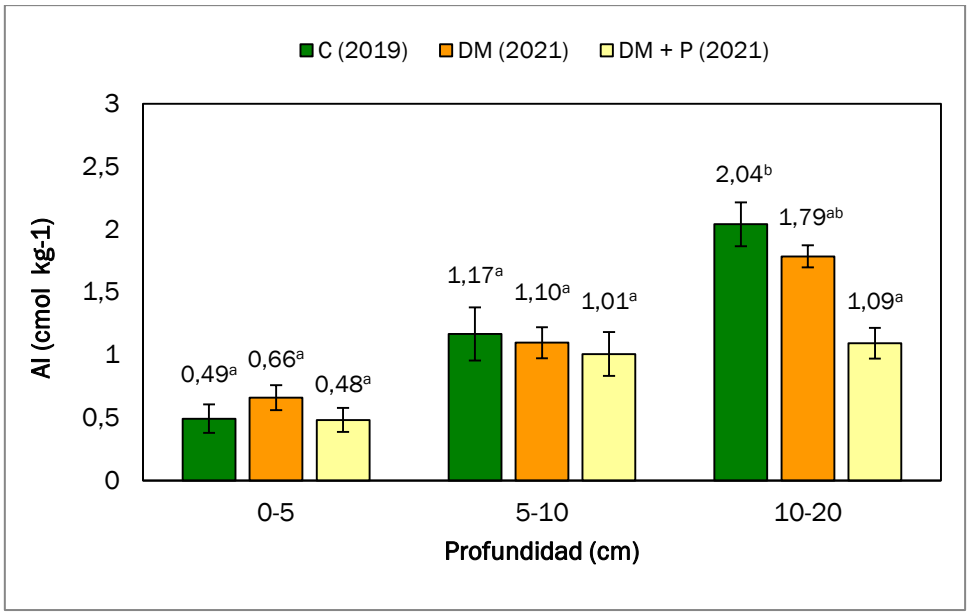

Figura 8. Acidez de intercambio (Al, cmol kg^{-1}) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

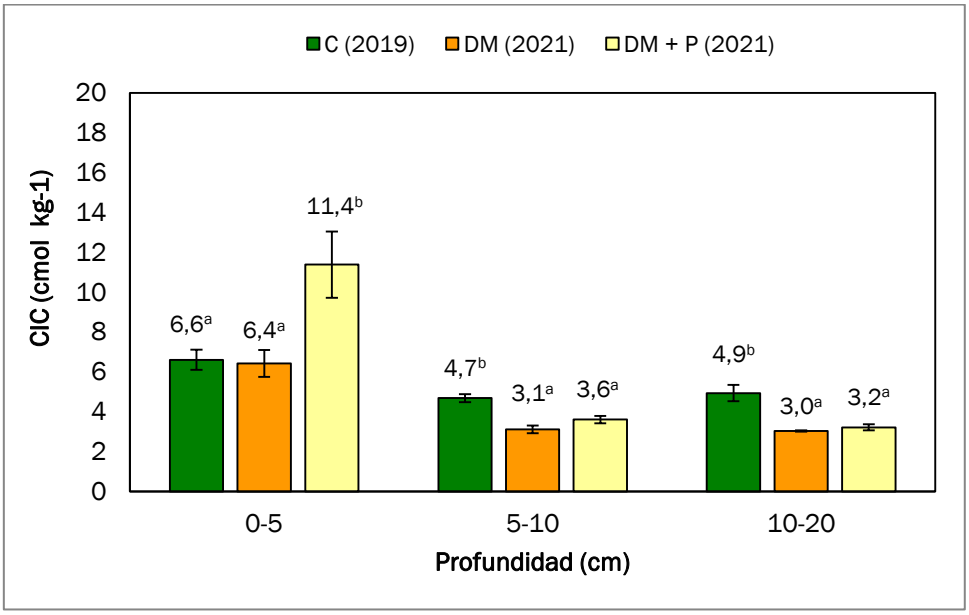

Figura 9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC, cmol kg^{-1}) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

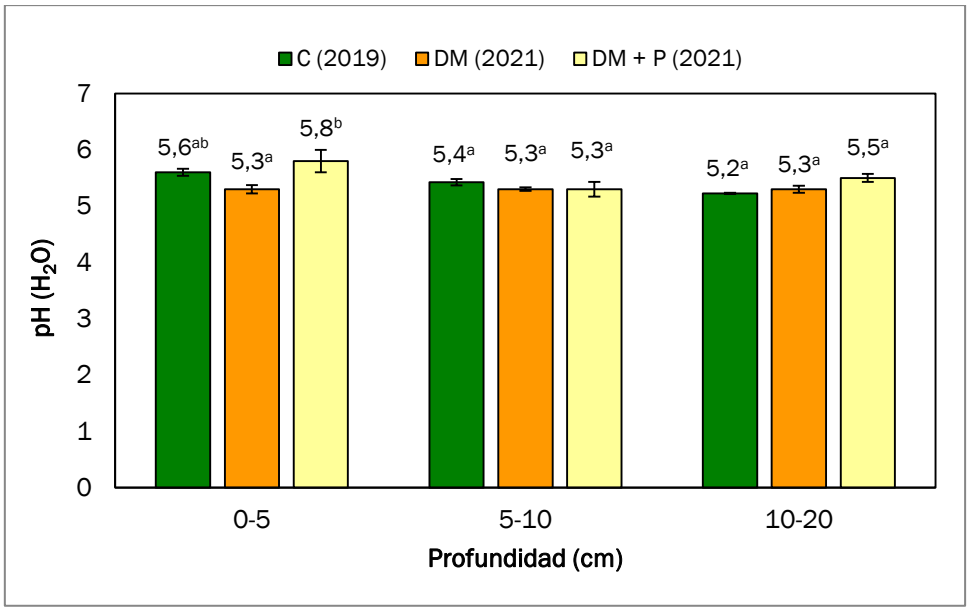

Figura 10. Valores de pH (H_2O) a diferentes profundidades del suelo, en los tratamientos tradicional (Control, C), con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Para cada capa, los valores medios seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

4.5 - Propiedades físicas del suelo

El coeficiente de permeabilidad del suelo (k, cm/h) se redujo significativamente en las áreas pastoreadas (7,8 cm/h frente a 39,1 cm/h en las no pastoreadas) (Tabla 1). La permeabilidad cambió de "muy rápida" (25,4-100 cm/h, DM) a "moderadamente rápida" (6,35-12,7 cm/h, DM +P) (USDA-SCS, 1985).

Entre otros factores, la permeabilidad depende de la porosidad y la densidad aparente (Leite et al., 2013). Sin embargo, en el Tabla 2 se observa que el pastoreo no afectó significativamente las propiedades físicas del suelo de la capa superficial (0-5 cm). En este sentido, la reducción de la permeabilidad puede estar relacionada con la producción de sustancias hidrofóbicas en la superficie del suelo. Por otra parte, como la materia orgánica representa el factor clave en la calidad del suelo, su aumento significativo en la capa superficial (Figura 3) puede haber contribuido a anular el efecto del pisoteo, provocando cambios insignificantes en las propiedades físicas del suelo (Tabla 2).

En general, en base a las propiedades físicas y químicas del suelo evaluadas, el pastoreo de los rebaños de ovejas contribuyó a aumentar la fertilidad del suelo. Idénticos resultados obtuvieron Silva et al. (2020), en pastoreo extensivo con bovinos. Sin embargo, la literatura existente y los ejemplos de los efectos del pastoreo en las propiedades del suelo no son todavía muy numerosos.

Tabla 1. Clases de permeabilidad (k) en la camada de solo 0-5 cm en los Tratamientos con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p < 0,05). Media ± error estándar.

Clase permeabilidad (k)	Intervalo de clases (k, cm/h)	K medio (cm/h)	
		DM	DM + P
Muy rapida	25,4-100	39,1 ± 3,6[b]	
Moderadamente rápida	6,35-12,7		7,8 ± 0,2[a]

Tabla 2. Densidad aparente (DAP), porosidad total (PT), microporosidad (MicroP), macroporosidad (MacroP), capacidad de campo (CC,) y capacidad de saturación de agua (CSA) en la capa de suelo de 0-5 cm en los tratamientos con desbroce mecánico sin pastoreo (DM) y con desbroce mecánico con pastoreo (DM + P). Los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p < 0,05). Media ± error estándar.

Tratamiento	DAP	PT	MicroP	MacroP	CC	CSA
	(g cm^{-3})	(%)				
DM	1,37 ± 0,07	51,9 ± 2,1	44,7 ± 1,9	7,1 ± 0,2	33,6 ± 3,3	38,9 ± 3,7
DM + P	1,34 ± 0,01	51,8 ± 0,7	42,6 ± 0,9	9,3 ± 0,4	31,7 ± 0,7	38,6 ± 0,3

5. Conclusiones

El pastoreo extensivo de ovejas contribuyó globalmente a la mejora de la fertilidad del suelo del bosque mediterráneo abierto de montaña durante un periodo de 18 meses. Esta mejora de la fertilidad ha sido sobre todo en la capa superior del suelo (0-5 cm) y se tradujo en aumentos de la materia orgánica, el nitrógeno total, el fósforo y el potasio extraíbles, el intercambio de suma de bases, la capacidad de intercambio catiónico y el pH del suelo. En general, el pastoreo no afectó significativamente las propiedades físicas del suelo.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto "OPEN2PRESERVE - Modelo de gestión sostenible para la preservación de espacios abiertos de montaña de alto valor ambiental. Financiado por el Programa Interreg SUDOE (SOE 2/P5/E0804), 2018-2021."

7. Bibliografía

AGROCONSULTORES Y COBA; 1991. Carta dos Solos do Nordeste de Portugal, UTAD, Vila Real.

ARROBAS, M.; COUTINHO J.; 2002. Phosphorus characterization in soils from Portugal. *Revista de Ciências Agrárias* XXV, 109-122.

CASTRO, M.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; TORRES-MANSO, F.; 2018. Pastores, pastoreio e risco de incêndio: aliados, cúmplices ou concorrentes? *In* Orlando Simões (Ed.) O rural depois do fogo, Coimbra, p. 155-162.

COSTA, J.B.; 2011. Caracterização e constituição do solo (7ª Edição). Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

DÍAZ-SOLÍS, H.; GRANT, W.E.; KOTHMANN, M.M.; TEAGUE, W.R.F.; PAZ, P.; BOLAÑOS, M.G.; 2016. Strategies to reducing GHG emissions in semi-arid rangelands of Mexico. *Terra Latinoamericana* 34, 73-81.

ELLSWORTH, D. S.; 2004. Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems. *Agric For Meteorol.* 124, 135-136.

FONSECA, F.; FIGUEIREDO, T.; NOGUEIRA, C.; QUEIRÓS, A.; 2017. Effect of prescribed fire on soil properties and soil erosion in a Mediterranean mountain area. Geoderma 307, 172-180.

FONSECA, F.; FIGUEIREDO, T.; 2018. Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under four forest species in the Mediterranean region. *Spanish J. Soil Sci.* 8 (1), 42–56.
FONSECA, F.; FIGUEIREDO, T.; VILELA, A.; SANTOS, R.; CARVALHO, A.L.; ELIANE, A.; NUNES, L.; 2019. Impact of tree species replacement on carbon stocks in a Mediterranean mountain area, NE Portugal. *For. Ecol. Manag.* 439, 181–188.

FONSECA, T.J.F.; MANSO, F.C.S.T.; MARTINS, C.M.S.; CASTRO, M.; 2021. A gestão florestal sustentável na prevenção do risco de incêndio: silvicultura e pastoreio na redução da biomassa combustível. In Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal 3. Ponta Grossa: Atena. p. 54-71.

HERRERO, C.; TURRION, M.B.; PANDO, V.; BRAVO, F.; 2016. Carbon content of forest floor and mineral soil in Mediterranean *Pinus* spp. and Oak stands in acid soils in Northern Spain. *Forest Systems* 25 (2), 13p.

KARLEN, D.L.; WOLLENHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S.; JORDAHI, J.L.; 1994. Long-term tillage effects on soil quality. *Soil & Till. Res.* 32, 313-327.

LEITE, M.; FONSECA, F.; FIGUEIREDO, T.; 2013. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas de montanha sob coberto de matos: efeito do fogo. In António Bento Gonçalves e António Vieira (Eds.) Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos. NIGP – Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento, Universidade do Minho. pp. 227-236.

PARDINI, A.; NATALI, F.; TALLARICO, R.; 2007. Horse grazing in firebreaks sown with Trifolium brachycalycinum (Katznl. & Morley) and Cynodon dactylon (L.) Pers. *Agroforestry Systems* 70: 17-24.

PATRÍCIO, M.; BUENO, P.; de FIGUEIREDO, T.; AZEVEDO, J.; FONSECA, F.; 2018. Estudo preliminar da influência do uso da terra sobre o estoque de carbono da bacia do Alto rio Sabor, NE Portugal. VIII Congresso Ibérico de Ciências do solo, Donostia-San Sebastián Espanha. p. 465-468.

PERCIVAL, H.J.; PARFITT, R.L.; SCOTT, N.A.; 2000. Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands: Is clay content important? *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1623-1630.

SANTOS, J.Q.; 2015. Fertilização, Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e correctivos. Publindústria, Lisboa.

SHARMA, K.L.; MANDAL, U.K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K.P.R.; MANDAL, B.; GRACE, J.K.; RAMESH, V.; 2005. Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. *Soil & Till. Res.* 83, 246-259.

SILVA, D.J.; SIQUEIRA, C.M.; MORSELLI, T.B.; MORSELLI, L.A.; SEVERO, L.M.; SIQUEIRA, H.G.; 2020. Effect of the Voisin Grazing System on the quality of a soil covered by natural pasture. *Braz. J. of Develop.* 6 (9), 72331-72341.

TORRES-MANSO, F.; FERNANDES, P.; PINTO, R.; BOTELHO, H.; MONZON, A.; 2011. Regional livestock grazing, human demography and fire incidence in the portuguese landscape. Forest Systems 23 (1), 15-21.

USDA-SCS (Soil Conservation Service); 1985. National Engineering Handbook. Section 4. Hydrology. USDA-SCS, Washington DC.

VARELA, E.; CALATRAVA, J.; RUIZ-MIRAZO, J.; JIMÉNEZ, R.; GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L.; 2007. Valoración económica del pastoreo en términos de costes evitados en labores de prevención de incendios forestales. In Wildfire, 2007 – 4th International Wildland Fire Conference, Sevilla, España.