



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1651

Organiza





El herbivorismo pírico como herramienta de gestión sostenible del territorio en zonas montañosas de Galicia

ÁLVAREZ-LÓPEZ, V. (1, 2), FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N. (1), RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. (1), SANTIAGO-FREIJANES, J.J. (1), GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P. (1), FERNÁNDEZ-LORENZO, J.L. (1), VÁZQUEZ-MIRAMONTES, D. (1), RODRÍGUEZ-RIGUEIRO, F.J. (1), CASTRO, M. (3, 4), CANALS-TRESERRAS, R.M. (5), ROBLES-CRUZ, A.B. (6), MOSQUERA-LOSADA, M.R. (2)

(1) Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo, España

(2) Group Aquaterra, Interdisciplinary Centre of Chemistry and Biology, Universidade da Coruña (CICA-UDC), A Coruña, España

(3) Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

(4) Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

(5) Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadia s/n. 31006 Pamplona, España

(6) Estación experimental del Zaidín (CSIC), C/Profesor Albareda, 1, 18008 Granada, España

Resumen

Los Ancares lucenses se caracterizan por ser un espacio montañoso incluido en la Red Natura 2000 con un alto valor ambiental que en los últimos años ha sufrido una importante pérdida de población lo que ha incrementado el riesgo de incendios forestales. En áreas como los Ancares lucenses, es necesario promover prácticas de uso del territorio que disminuyan el riesgo de incendios forestales como es el herbivorismo pírico. En este contexto, el objetivo del proyecto PYRICLABS es desarrollar y evaluar la gestión sostenible del territorio en áreas incluidas en la Red Natura 2000 mediante la implementación del herbivorismo pírico. En el marco de este proyecto se estableció un estudio en los Ancares lucenses para evaluar la evolución del suelo y la vegetación tras la implementación de diferentes cargas ganaderas con cabras después de una quema prescrita. Los resultados obtenidos incluyen la productividad y la evolución de la biodiversidad, pero también la evolución de la fertilidad del suelo, el almacenamiento de carbono del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, fueron utilizadas imágenes de satélite y de dron para facilitar el control futuro de los agricultores de la producción de la vegetación y la biodiversidad.

Palabras clave

Incendios forestales, cargas ganaderas, quema prescrita, biodiversidad, fertilidad

1. Introducción

La región mediterránea europea tiene una larga historia de incendios naturales que desempeñan un papel en la dinámica de la vegetación del área. Sin embargo, los incendios descontrolados actuales amenazan no solo la vegetación natural, la biodiversidad del paisaje, las comunidades y las economías, sino también liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al aumento de la temperatura global. Las temperaturas más altas y los veranos más secos han incrementado el riesgo de incendios en las áreas mediterráneas europeas. Además,



el creciente abandono de las zonas montañosas conduce a una expansión descontrolada de áreas con altas cargas de combustible. Planificar e implementar operaciones de manejo destinadas a reducir la carga inflamable de biomasa puede ayudar significativamente a reducir los impactos negativos de los incendios descontrolados (CORONA et al., 2015; RODRÍGUEZ-RIGUEIRO et al., 2021).

El herbivorismo pírico (que incluye fuego controlado y prescrito) ha demostrado beneficios en la gestión de áreas montañosas, reduciendo la biomasa combustible al mismo tiempo que genera un retorno económico para las comunidades locales (RIGUEIRO-RODRÍGUEZ et al., 2012).

A pesar de las condiciones controladas de las quemas prescritas, estas pueden tener efectos significativos en el contenido de agua del suelo y en la temperatura del suelo (que, junto con las actividades de las raíces finas, se consideran factores clave que influyen en el flujo de CO₂ durante los incendios (ZHAO et al., 2015). El evento de combustión (incluso a bajas intensidades) también resultaría en la formación de cantidades de carbón vegetal y raíces de plantas moribundas (KIM et al., 2011), alterando así las actividades de las raíces, la descomposición de materia orgánica, la disponibilidad de sustrato y la dinámica del carbono y el nitrógeno en el suelo (CERTINI, 2005; WANG et al., 2014). Todos estos parámetros están estrechamente relacionados con tres principales intercambios de gases de efecto invernadero en la interfaz suelo-atmósfera: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

2. Objetivos

Este trabajo tiene por objetivo analizar los flujos de gases de efecto invernadero en dos zonas en las que se realizó una quema prescrita y se estableció pastoreo con dos cargas ganaderas de cabras durante 23 semanas a lo largo del año 2022.

3. Metodología

El experimento se llevó a cabo en una zona de montaña de los Ancares Lucenses (Galicia, NO España), a una altitud de 1392 m sobre el nivel del mar. Al inicio del estudio, en la zona había un predominio de arbustos, principalmente *Erica australis*, que presentaban una distribución homogénea, siendo la proporción de especies herbáceas muy baja. En febrero de 2019 se realizó una quema prescrita en una superficie total de 2 hectáreas. La quema prescrita fue realizada por los equipos EPRIF de la Xunta de Galicia después de establecer una franja perimetral de seguridad y cuando el índice diario de riesgo de incendio forestal era bajo. Tras la quema prescrita, la superficie se dividió en dos parcelas de 1 hectárea cada parcela. Una de las parcelas fue pastoreada con caballos (2 yeguas en fase de gestación y una yegua con un potro) del 16 de septiembre al 22 de octubre del 2019 y del 1 de junio al 16 de junio del 2020 y la otra parcela se mantuvo sin pastoreo. Los caballos fueron reemplazados por vacas para mantener la biomasa bajo control, llevándose a cabo un pastoreo de la parcela con vacas desde el 18 de junio del 2020 al 24 de julio del 2020. En 2022, la parcela pastoreada se dividió en cuatro subparcelas de 2500 m² cada subparcela y dos subparcelas fueron pastoreadas con 3 cabras y las otras dos subparcelas con 6 cabras desde el 11 de mayo del 2022 hasta el 29 de julio del 2022, siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos (dos cargas ganaderas) y dos réplicas. Además, se estableció una parcela de control fuera del área de quema en una parcela sin quema prescrita y sin pastoreo.

En el año 2022, en todas las parcelas de estudio, se recogieron gases de efecto invernadero (GEI) semanalmente durante el pastoreo y después del pastoreo. Los



GEI se muestrearon utilizando la técnica de cámara cerrada (HUTCHINSON y MOISER, 1981). Se insertaron cuatro anillos de cloruro de polivinilo (PVC) (25 cm de diámetro interno) por parcela, a una profundidad de 5 cm en el suelo. Cada cámara de PVC (25 cm de altura) estaba cubierta con una capa reflectante de aluminio para evitar incrementos en la temperatura interna, la cual se midió introduciendo termómetros antes de cerrar las cámaras. En cada muestreo de gases del suelo, se recolectaron 20 mL de gas a los 0, 20 y 40 minutos después del cierre de la cámara, y se transfirieron a un vial evacuado de borosilicato de 12 mL Exetainer® (modelo 038 W, Labco, High Wycombe, Reino Unido).

La concentración de CO₂, CH₄ y N₂O se midió con un sistema de cromatografía de gases (Agilent 7890B, Agilent, Santa Clara, CA, Estados Unidos) equipado con un detector de ionización de llama (FID) acoplado a un metanizador + un detector de conductividad eléctrica (ECD). Los flujos de gases se calcularon considerando el incremento lineal en la concentración de gas dentro de la cámara con el tiempo (40 minutos) y corrigiendo los valores según la temperatura del aire.

4. Resultados

La Figura 1 muestra que se observaron unas emisiones de CO₂ desde el suelo significativamente menores (2840 mg C-CO₂ m⁻² día⁻¹) en el tratamiento de pastoreo con carga ganadera baja (3 cabras ha⁻¹) que en los tratamientos de quema prescrita sin pastoreo y zona control (sin quema ni pastoreo): 4007 y 3608 mg C-CO₂ m⁻² día⁻¹ respectivamente.

Las máximas emisiones ocurrieron en el mes de julio, con datos de hasta 5444 y 5555 C-CO₂ m⁻² día⁻¹ en el tratamiento de quema sin pastoreo. Durante estos muestreos se encontró la mayor diferencia de la quema sin pastoreo con las parcelas pastoreadas con densidad baja (3 cabras ha⁻¹) con valores de 3175 y 3236 mg C-CO₂ m⁻² día⁻¹, respectivamente.

En el caso de CH₄ y N₂O, no hubo diferencias significativas entre tratamientos; el suelo actuó como un sumidero de CH₄ independientemente del manejo agrario con un rango entre -0,752 mg C-CH₄ m⁻² día⁻¹ en el suelo quemado y -0,675 mg C-CH₄ m⁻² día⁻¹ en la densidad baja de pastoreo (3 cabras ha⁻¹). Se detectaron también picos de secuestro de carbono en forma de metano en el mes de julio en el suelo pastoreado con carga alta de 6 cabras⁻¹ (-1,76 mg C-CH₄ m⁻² día⁻¹) y en el suelo pastoreado con 3 cabras ha⁻¹ (-1,66 mg C-CH₄ m⁻² día⁻¹), aunque en estos mismos tratamientos se encontraron picos de emisión en el mes de junio (0,38 y 0,36 mg C-CH₄ m⁻² día⁻¹) que aún así contribuyen a un balance negativo.

En el caso del N₂O, aunque el suelo actuó como una fuente de emisiones, el rango estuvo cercano a 0: entre 0,007 y 0,029 (mg N₂O-N m⁻² día⁻¹ en los tratamientos de Quema prescrita y el pastoreo con carga ganadera alta (6 cabras ha⁻¹). Se encontró además un punto aislado de altas emisiones (1,57 mg N₂O-N m⁻² día⁻¹) en el pastoreo con densidad alta (6 cabras ha⁻¹).



emisión de N_2O en estos parches de excretas se debe principalmente al aumento de la nitrificación y desnitrificación, en asociación con la mayor abundancia de



bacterias oxidantes de amonio (AOB) y bacterias desnitrificantes (CAI et al., 2017).

6. Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que el manejo integrado de quemas prescritas y pastoreo dirigido puede contribuir a la mitigación de las emisiones de GEI en áreas montañosas, posiblemente a través de efectos sobre el crecimiento y la actividad de la vegetación.

Estos hallazgos destacan que el pastoreo no solo impacta directamente el funcionamiento de los paisajes de montaña, como el desarrollo de la vegetación arbustiva, sino que también genera efectos indirectos significativos, como los flujos de CO₂ en la interfaz suelo-atmósfera. Esto resalta la necesidad de adoptar enfoques integrales en los análisis ecosistémicos relacionados con el pastoreo.

Además, se subraya la importancia de ajustar las densidades de pastoreo para maximizar los beneficios ecológicos mientras se minimizan las emisiones de GEI. Futuras investigaciones deberían enfocarse en analizar los efectos a largo plazo de estas prácticas y su interacción con distintos tipos de vegetación y condiciones climáticas, a fin de desarrollar estrategias de manejo más efectivas y sostenibles.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través de “El reto del secuestro de carbono: Análisis de ciclo de vida del herbivorismo pírico para favorecer la transición hacia la sostenibilidad” (PYRICLABS) (PID2020-116786RB-C33).

8. Bibliografía

- BALL, B.C.; CRICHTON, I.; HORGAN, G.W.; 2008. Dynamics of upward and downward N₂O and CO₂ fluxes in ploughed or no-tilled soils in relation to water-filled pore space, compaction and crop presence. *Soil Tillage Res* 101, 20–30.
- CAI, Y.; CHANG, S.X.; CHENG, Y.; 2017. Greenhouse gas emissions from excreta patches of grazing animals and their mitigation strategies. *Earth-Science Rev* 171, 44–57.
- CERTINI, G.; 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review, *Oecologia* 143, 1–10.
- CORONA, P.; ASCOLI, D.; BARBATI A.; et al; 2015. Integrated forest management to prevent wildfires under mediterranean environments. *Ann Silv Res* 39, 1–22.
- DAVIDSON, E.A.; JANSSENS, I.A.; 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440, 165–173.
- FEST, B.J.; LIVESLEY, S.J.; VON FISCHER, J.C.; ARNDT, S.K.; 2015 Repeated fuel reduction burns have little long-term impact on soil greenhouse gas exchange in a dry sclerophyll eucalypt forest. *Agric For Meteorol* 201, 17–25.
- HUTCHINSON, G.L.; MOSIER, A.R.; 1981. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci Soc Am J* 45, 311–316.
- KIM, Y.S.; MAKOTO, K.; TAKAKI, F.; SHIBATA, H.; SATOMURA, T.; TAKAGI, K.; HATANO, R.; KOIKE, T.; 2011. Greenhouse gas emissions after a prescribed fire in white birch-dwarf bamboo stands in northern Japan, focusing on the role of charcoal. *Eur J Forest Res* 130:1031–1044.
- LE MER, J.; ROGER, P.; 2001. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. *Eur J Soil Biol* 37, 25–50.
- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOUBHI, R.; SANTIAGO-FREIJANES, J.J.; GONZÁLEZ-



HERNÁNDEZ, M.P.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; 2012. Horse grazing systems: understory biomass and plant biodiversity of a *Pinus radiata* stand. *Sci Agric* 69, 38e46.

RODRÍGUEZ-RIGUEIRO, F.J.; SANTIAGO-FREIJANES, J.J.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; Castro, M.; SILVA-LOSADA, P.; PISANELLI, A.; PANTERA, A.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; 2021. Silvopasture policy promotion in European Mediterranean areas. *PLoS One* 16:e0245846.

SULLIVAN, B.W.; KOLB, T.E.; HART, S.C.; KAYE, J.P.; HUNGATE, B.A.; DORE, S.; MONTES-HELU M.; 2011. Wildfire reduces carbon dioxide efflux and increases methane uptake in ponderosa pine forest soils of the southwestern USA. *Biogeochemistry* 104, 251–265.

WANG, Y.; XU, Z.; ZHENG, J.; ABDULLAH, K.; ZHOU, Q.; 2015. $\delta^{15}\text{N}$ of soil nitrogen pools and their dynamics under decomposing leaf litters in a suburban native forest subject to repeated prescribed burning in southeast Queensland, Australia. *J Soils Sediments* 15, 1063–1074.

ZHAO, Y.; WANG, Y.Z.; XU, Z.H.; FU, L.; 2015. Impacts of prescribed burning on soil greenhouse gas fluxes in a suburban native forest of south-eastern Queensland. *Australia Biogeosciences* 12, 6279–6290.