



2025 | 16-20
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1532

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

Organiza





Estrategias de adaptación de la media montaña mediterránea al cambio climático

PLA FERRER, E. (1), PASCUAL SÁNCHEZ, D. (1), BARRANTES DÍAZ, O. (2),
BORRÀS CALVO, G. (3), GARCIA BALAGUER, E (4), LANA-RENAULT
MONREAL, N. (5), NADAL ROMERO, E. (6), RETANA, J. (1-7)

(1) CREAL, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès).

(2) Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

(3) Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

(4) Comunidad de Trabajo de los Pirineos, Jaca, Huesca.

(5) Departamento de Ciencias Humanas, Universidad de La Rioja, Logroño.

(6) Instituto Pirenaico de Ecología, IPE-CSIC, Zaragoza.

(7) Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès).

Resumen

El proyecto LIFE MIDMACC (2019-2024) ha promovido la adaptación de zonas de media montaña mediterránea al cambio climático mediante la implementación de medidas innovadoras. Se ha centrado en tres zonas de España: La Rioja, Aragón y Cataluña. El proyecto busca restaurar un paisaje agro-silvo-pastoral, aumentando la biodiversidad y la resiliencia ante el cambio climático. Las medidas implementadas incluyen (1) Recuperación de pastos, a través del desbroce de matorral y la introducción de ganadería extensiva (2) Gestión forestal adaptativa, aplicando claras y desbroces selectivos para reducir la densidad de árboles y el riesgo de incendios, además de promover pastos bajo arbolado, y (3) Optimización e introducción de viñedos de montaña, a partir de nuevas prácticas agronómicas que garanticen la sostenibilidad ambiental y económica del cultivo. Los resultados indican que, bajo determinados criterios y en intensidades apropiadas, la recuperación de las actividades primarias contribuye a una mayor resiliencia de estos espacios, maximiza la producción de servicios ecosistémicos, reduce la vulnerabilidad a sufrir perturbaciones, como los incendios forestales, y aumenta la diversidad paisajística. Una adecuada internalización económica de los beneficios ambientales que aportan estas actividades puede redundar en una mayor rentabilidad de las explotaciones agroganaderas y forestales.

Palabras clave

Paisajes resilientes, Mosaico agro-silvo-pastoral, Viñedos, Gestión forestal, Pastos, Recursos hídricos, Incendios

1. Introducción

Las zonas de montaña del sur de Europa se consideran altamente sensibles a los impactos del cambio climático a causa, entre otros, del descenso del agua disponible, la extensión y severidad de las sequías o la mayor frecuencia de incendios forestales (GARCÍA-RUIZ et al. 2011; SAN ROMÁN SANZ et al. 2013; LASANTA et al. 2015). Además, son áreas que han sufrido en las últimas décadas el abandono rural y la reducción de la actividad socioeconómica, provocando una pérdida progresiva del paisaje en mosaico y una homogeneización de las laderas de montaña (STOATE et al. 2009). Estos procesos han mermado los servicios ecosistémicos que proporcionan las zonas de montaña, como la provisión de agua

en las partes bajas de las cuencas o la sostenibilidad de los sistemas agrarios y forestales y de sus ingresos económicos (SANCHO-REINOSO 2013, KHORCHANI et al. 2020).

La conservación y recuperación de la biodiversidad en Europa depende, entre otras cosas, de la continuidad y restablecimiento de los sistemas agrícolas de baja intensidad (LASANTA et al. 2024). La mayoría de los hábitats y especies más amenazados de Europa dependen de las prácticas agrícolas que co-evolucionaron en el pasado en determinados lugares de la media montaña. Una adecuada ganadería extensiva y una actividad agrícola de montaña bien integrada en el medio, promueven un cambio paisajístico caracterizado por un mosaico de usos que puede incluir valores de producción, importantes valores ecológicos y culturales, la regulación de procesos hidro-morfológicos y de conservación del suelo, y el apoyo a una gran diversidad de hábitats (KEESSTRA et al. 2018).

Por lo tanto, las medidas de adaptación al cambio climático en el sur de Europa deberían incluir una gestión eficaz del territorio de montaña. La conversión y/o mantenimiento de un mosaico agro-silvo-pastoral heterogéneo puede ser clave, bajo determinados criterios, para la adaptación, ya que puede aportar una mayor biodiversidad, aumentar el suministro de servicios ecosistémicos vitales y mejorar la resiliencia a las perturbaciones. La diversificación del paisaje también debería ser una apuesta para mejorar la sostenibilidad económica de los espacios agrícolas y forestales de la media montaña (OVANDO 2019, LASANTA et al. 2024).

En este contexto, el proyecto LIFE MIDMACC ha impulsado la recuperación del mosaico agro-silvo-pastoral, con el objetivo de revertir estos procesos de abandono y revegetación y adaptar las zonas de media montaña a las nuevas condiciones del cambio climático. Además, el proyecto ha incluido un análisis detallado de los riesgos y las vulnerabilidades de la media montaña mediterránea ante los impactos del cambio climático en La Rioja, Aragón y Cataluña; tres territorios con características ambientales propias de las regiones montañosas del sur de Europa (Figura 1, BARRANTES et al. 2024).



Figura 1. El proyecto LIFE MIDMACC se ha focalizado en las zonas de media



montaña de La Rioja, Aragón y Cataluña. En la foto superior se muestra la acción de recuperación de pastos (La Rioja), en la intermedia, la acción de gestión forestal adaptativa (Cataluña) y en la inferior, la acción relacionada con el viñedo de montaña (La Rioja).

2. Objetivos

El proyecto LIFE MIDMACC tiene como objetivo principal promover la adaptación al cambio climático en zonas de media montaña mediterránea, mediante la implementación y evaluación de prácticas de gestión del paisaje que favorezcan la resiliencia ambiental y socioeconómica. Busca contrarrestar los efectos del abandono rural y la revegetación descontrolada, que han reducido la biodiversidad y aumentado la vulnerabilidad de estas áreas al cambio climático. Los objetivos específicos incluyen:

- Implementar medidas de adaptación del paisaje en áreas marginales de media montaña para mejorar la resiliencia frente al cambio climático.
- Evaluar la eficacia ambiental de estas intervenciones mediante el seguimiento y modelización de los resultados obtenidos.
- Elaborar una guía técnica con recomendaciones para la gestión adaptativa del paisaje, con el fin de facilitar la replicabilidad de las prácticas.
- Transferir los resultados obtenidos a nivel regional, nacional y europeo, influyendo en las políticas de adaptación al cambio climático.

3. Metodología:

Para alcanzar sus objetivos, LIFE MIDMACC implementó tres estrategias principales de gestión del paisaje en zonas piloto, seleccionadas por su representatividad de la media montaña mediterránea. Éstas son las actuaciones desarrolladas en el marco del proyecto:

1. Recuperación de pastos y ganadería extensiva: Consistió en desbrozar mecánicamente matorrales para recuperar pastizales y reintroducir la ganadería extensiva. Las actuaciones se realizaron en San Román de Cameros (0.7 ha) y Ajamil (3.6 ha) en la Rioja, y en La Garcipollera (3.2 ha) en Aragón. En cada zona desbrozada se establecieron 12 subparcelas piloto de seguimiento de 10x10 m con distintos niveles de presión ganadera de ovino para evaluar los efectos sobre la biodiversidad, calidad del suelo y riesgo de incendios (Figura 2).
2. Gestión forestal adaptativa: Aplicación de claras y desbroces selectivos del sotobosque para reducir la densidad de biomasa forestal y favorecer la regeneración de pastos bajo el arbolado. Estas acciones se implementaron en 1.44 ha en un pinar y una chopera en La Garcipollera y en 1.15 en un encinar en el macizo de la Albera (Cataluña). Se implementaron prácticas de pastoreo vacuno para mantener el paisaje en mosaico y reducir el riesgo de incendios. Después de la gestión, se crearon subparcelas más pequeñas (de unos 400 m²) para el experimento de seguimiento con ganado (2 vacas por subparcela y día, dos veces al año) o sin ganado (Figura 3).
3. Introducción y optimización del viñedo de montaña: Implementación de viñedos en zonas de montaña con diferentes condiciones climáticas, edáficas y agrícolas, implementando distintas prácticas agronómicas y evaluando los beneficios aportados. Estas acciones se implementaron en 13.25 ha en 2 emplazamientos parcelas de La Rioja (Tudelilla y Clavijo) y en 7.5 ha en 3 emplazamientos en Cataluña (Roses, Espolla y Llivia). En total, 9 parcelas han sido monitoreadas en cada emplazamiento (Figura 4).

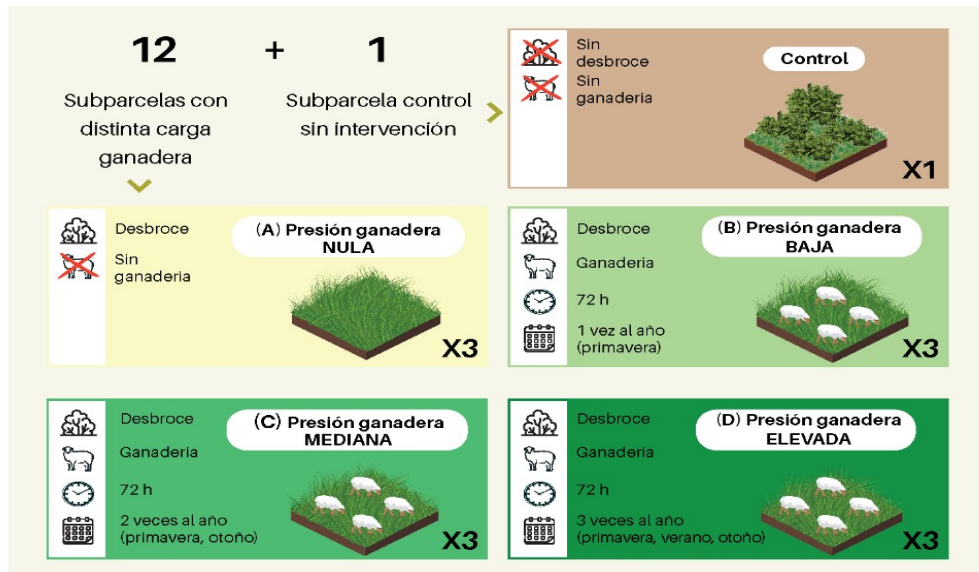


Figura 2. Diseño experimental de las parcelas de seguimiento con diferente presión ganadera para la estrategia de recuperación de pastos y ganadería extensiva.

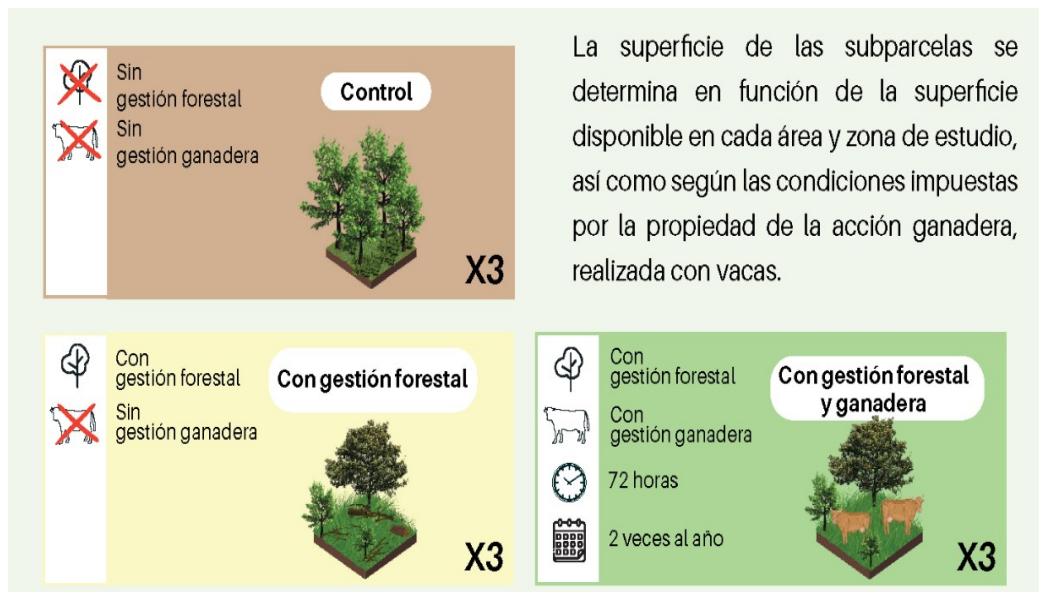


Figura 3. Diseño experimental de las parcelas de seguimiento con/sin presión ganadera y con/sin gestión forestal para la estrategia de gestión forestal adaptativa.



Figura 4. Diseño experimental de algunas de las parcelas de seguimiento de las prácticas agronómicas en viñedos. Además de la cubierta vegetal y del pendiente/terrazza, el diseño incluye la edad de los viñedos, y la formación en vaso o en espaldera.

Cada intervención fue evaluada a través de un sistema de monitoreo de variables bio-físicas durante 4 años, como la calidad del suelo, la producción de biomasa, la diversidad microbiana, la respuesta hidrológica y la erosión (Figura 5 y Tabla 1).

A la vez, se utilizó el modelo eco-hidrológico RHESsys (Regional Hydro-Ecological Simulation System) para escalar los resultados a nivel de las tres cuencas fluviales donde se realizaron las pruebas piloto (río Leza en La Rioja, Valle de Aísa en Aragón y río Anyet en Cataluña), evaluando los efectos de extender las distintas estrategias en el ciclo hidrológico y la producción primaria neta de la vegetación a escala espacialmente relevante. La calibración y validación del modelo a partir de datos climáticos, hidrológicos y espaciales históricos ha mostrado unos ajustes satisfactorios, buenos o muy buenos (ZABALZA-MARTÍNEZ et al. 2022). Una vez calibrado y validado el modelo se ha procedido a usarlo bajo escenarios de gestión del territorio y los escenarios de cambio climático RCP4.5 i RCP8.5 (Figura 6).



Análisis
de suelos



Humedad del suelo



Infiltración-Erosión



Producción de
pastos y calidad



Diversidad de
pastos



Temperatura y
humedad relativa



Precipitación

Figura 5. Sistema de seguimiento de variables bio-físicas de las acciones del proyecto LIFE MIDMACC, concretamente en la recuperación de pastos. En el caso de la gestión forestal adaptativa, se incluyen además variables relacionadas con la estructura del bosque. En el caso de los viñedos, se incluye la biodiversidad microbiana edáfica y la producción/calidad de la uva.

Tabla 1. Variables de seguimiento, indicadores utilizados, frecuencia del seguimiento y metodología usada.



Variable	Descripción	Metodología	Periodicidad
Análisis del suelo (común a todas las acciones)	Densidad aparente del campo (BD) PH y conductividad eléctrica (EC) Concentración total de carbono (Ctotal) Concentración total de nitrógeno (N) Contenido de carbonatos (CaCO3) Carbono orgánico (Corg) Existencias de carbono orgánico del suelo (SOC) y nitrógeno (TN) Materia orgánica (OM) Distribución granulométrica Fósforo orgánico (P) Humedad saturada del suelo (SAT) Capacidad de campo (FC) Punto de marchitamiento (WP) Relación CN	Análisis del suelo y de laboratorio: Se realizará una campaña de campo para caracterizar las propiedades del suelo de cada experiencia piloto. En cada parcela de carga se seleccionarán tres puntos con la misma altitud, aspecto y pendiente. Aquí, para tener más variabilidad, se tomarán tres muestras. Finalmente, tendremos una muestra compuesta a diferentes profundidades (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm y >30 cm).	Al inicio y al final del proyecto
Producción de pastos y calidad (para las acciones de recuperación de pastos y gestión forestal)	Valor pastoral Calidad nutritiva de los pastos (contenido en proteínas y fibras) Productividad de la biomasa	Muestreo de campo Análisis químico	Anualmente, en primavera o verano
Simulación de lluvia (común a todas las acciones)	Coefficiente de escorrentía Tiempo de retraso Profundidad de infiltración Sedimentos Solutos	La generación experimental de precipitaciones se realizará en cada parcela, antes de la actividad de desbroce y anualmente a lo largo del proyecto. En cada parcela deberán realizarse varios experimentos de generación experimental de precipitaciones para que sean significativos, en cada momento.	Anualmente
Biodiversidad (para las acciones de recuperación de pastos y gestión forestal)	Composición de la comunidad vegetal (por ejemplo, riqueza de especies, diversidad y tipos funcionales de plantas)	Muestreo de campo	Anualmente, en primavera o verano
Estructura forestal (para la acción de gestión forestal)	Densidad de árboles (árboles/ha) Distribución de clases diamétricas Altura de los árboles (m) Rebrotos	Inventario forestal en tres subparcelas circulares (radio 10m) por tratamiento	Inicial, después del tratamiento y final
Continuidad de combustible (para la acción de gestión forestal)	Cobertura del tipo de combustible (%) Altura del combustible (m) Distancia entre tipos de combustible (m)	Identificación y clasificación del combustible. 2 transectos en faja por subparcela forestal donde se mide la altura máxima y la cobertura de las especies de matorral (1000x50 cm)	Inicial, después del tratamiento y final



Estado de salud del bosque (para la acción de gestión forestal)	Decaimiento (%)	Estimación visual del porcentaje de decaimiento de los árboles (copas descoloridas, defoliadas o muertas) en 10 árboles por subparcela forestal.	Anualmente, después del verano
Humedad del combustible (para la acción de gestión forestal)	Contenido relativo de agua (RWC)	En cada tratamiento se recoge una muestra de ramas de 5 árboles y arbustos al azar. En laboratorio, las muestras se pesan para obtener el peso fresco (W). A continuación, las muestras se secan en estufa y se pesan para determinar el peso seco (PS).	5 medidas anuales durante el verano
Humedad del suelo (común a todas las acciones)	Contenido de agua del suelo (SWC)	Tres parcelas circulares (radio de 10 m) por tratamiento: medición de la humedad del suelo mediante sensores de humedad y registradores de datos	Continuo
Datos meteorológicos del sitio (común a todas las acciones)	Temperatura y humedad relativa	En cada zona de tratamiento se instalarán 5 registradores de datos de temperatura y humedad relativa (HOBO Pro v2 (U23-001) de Onset Computer Corporation).	Continuo
Productividad del cultivo (para la acción de viñedo)	Cantidad Calidad	Gravimetría y microvinificaciones	Anual
Contenido de carbono de la vegetación (para la acción de viñedo)	% y/o g/g Peso Seco	Según: Funes, I.; Savé, R.; Vayreda, J. [et al.] (2015). «Evaluación de la biomasa de cultivos leñosos como estoc de carbono en la cuenca mediterrània». IV Workshop Remedia sobre Mitigación de Emisión de Gases de Efecto Invernadero Provenientes del Sector Agroforestal. Universidad Complutense de Madrid	Inicial y final
Biodiversidad edáfica microbiana (para la acción de viñedo)	Colonias de hongos y bacterias en el suelo	NGS (miSeq)	Últimos dos años

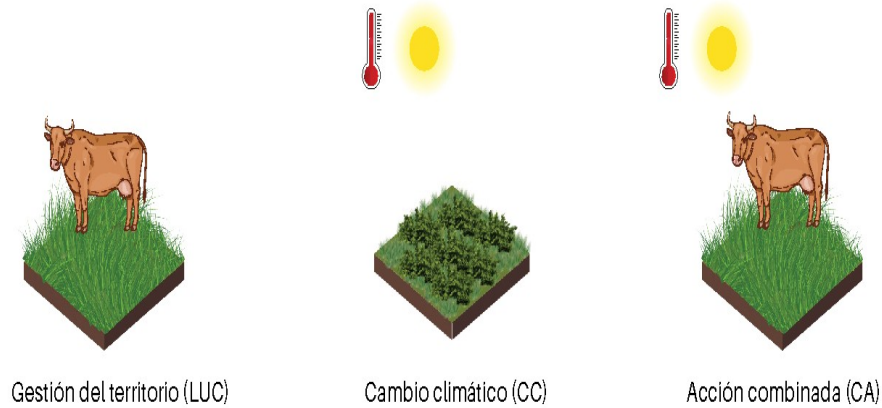


Figura 6. Escenarios evaluados en las simulaciones a escala de cuenca. Se ha implementado, calibrado y validado con datos históricos el modelo ecohidrológico RHESsys, en las cuencas del Valle de Aísa (Aragón) y de los ríos Anyet (Cataluña) y Leza (La Rioja). A continuación, se han generado simulaciones futuras para cada una de las cuencas con los escenarios de usos del suelo y climáticos, para evaluar el efecto de estos escenarios en variables relevantes a escala de cuenca, como el caudal y la producción primaria neta de la vegetación.

4. Resultados:

Los resultados del LIFE MIDMACC han cuantificado cómo la adaptación puede reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y de las actividades socioeconómicas a los impactos del cambio climático en el ámbito de la media montaña euro-mediterránea. Estas áreas de media montaña se benefician de las estrategias innovadoras de este proyecto. El carácter demostrativo del proyecto aporta resultados y conclusiones que contribuyen a mejorar el conocimiento y las políticas de la UE sobre adaptación al cambio climático, especialmente en el ámbito rural. Concretamente, y para las distintas estrategias implementadas en el proyecto, podemos especificar distintos tipos de resultados, que ilustramos con ejemplos:

- **Recuperación de pastos:** La eliminación de matorrales y la introducción de ganadería extensiva generaron un paisaje más diverso y resiliente, reduciendo la homogeneización del territorio y el riesgo de incendios. Se incrementó la escorrentía superficial y la disponibilidad hídrica sin aumentar la erosión del suelo (Figura 7a). Además, se observaron efectos positivos en la calidad del suelo, aumentando las reservas de carbono orgánico y nitrógeno del suelo, así como una mejora en la biodiversidad y la calidad de los pastos (Figura 7b, NADAL-ROMERO et al. 2024)

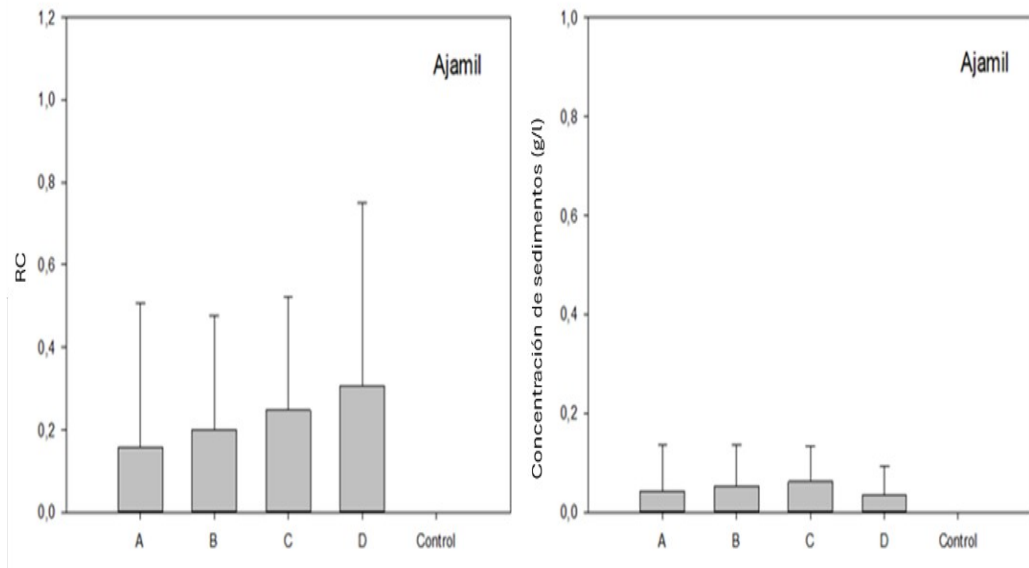


Figura 7a. Coeficiente de escorrentía (izquierda, mm⁻¹) y concentración de sedimentos (derecha, g l⁻¹) en Ajamil (La Rioja, 2020-2023): no desbrozado sin ganado (control), desbrozado sin ganado (A), desbrozado con bajo nivel de pastoreo (B), desbrozado con nivel medio de pastoreo (C), y desbrozado con alto nivel de pastoreo (D).

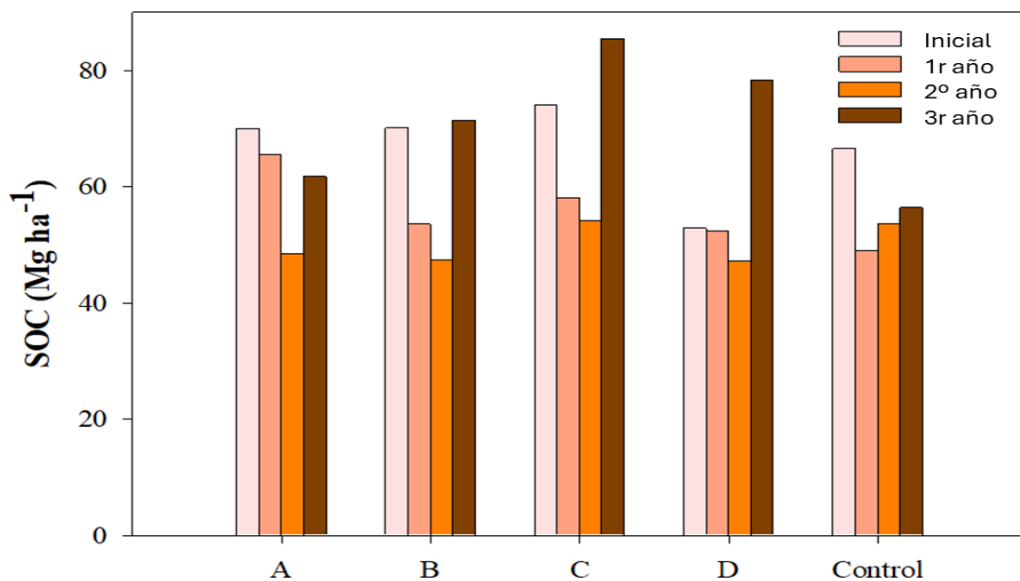


Figura 7b. Acumulación de carbono orgánico del suelo (SOC) en los primeros 10 cm durante 2020, 2021, 2022 y 2023. A: desbroce de matorral sin ganado; B: desbroce de matorral con baja presión ganadera. C: desbroce de matorral con presión ganadera media; D: desbroce de matorral con presión ganadera alta en la prueba piloto de San Román de Cameros (La Rioja).

- **Gestión forestal adaptativa:** La reducción del sotobosque y la aplicación de claras disminuyeron significativamente el riesgo de incendios y mejoraron la salud de los bosques, con mayor retención de humedad en el suelo (Figura 8a). La combinación de gestión forestal y pastoreo mostró un efecto positivo en la regeneración de pastos bajo arbolado, aunque la efectividad dependió de la presión ganadera aplicada (Figura 8b, PASCUAL et al. 2024).

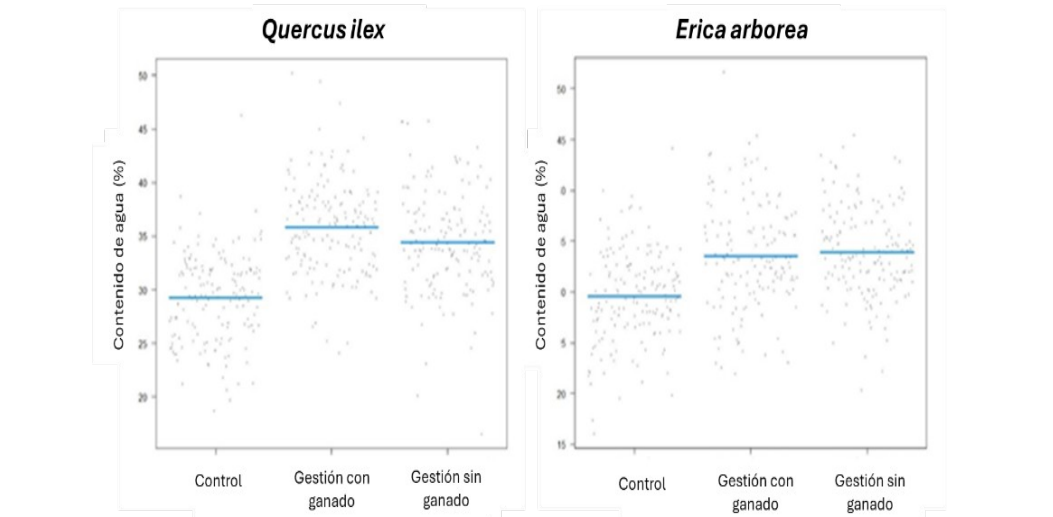


Figura 8a. Contenido de agua de la vegetación (WC) para la encina y para el brezo en el encinar de la Albera (Cataluña) para los distintos tratamientos. La humedad del combustible se refiere al contenido de agua presente en la vegetación a lo largo de la estación seca (verano) y está relacionada con la inflamabilidad y combustibilidad de la vegetación y, en consecuencia, con el riesgo de incendio.

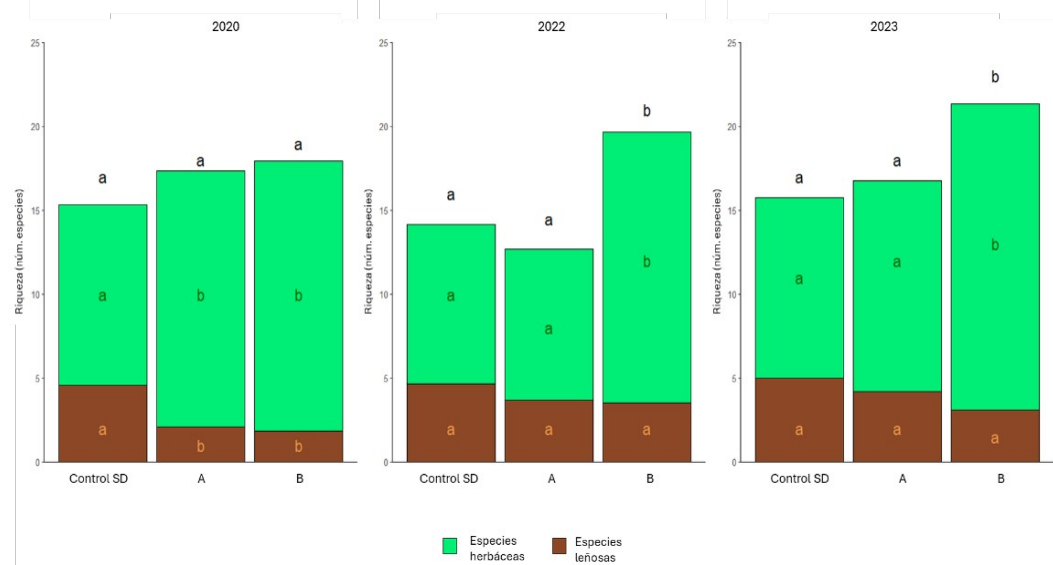


Figura 8b. Riqueza media de especies (número de especies) de las especies herbáceas (verde) y leñosas (marrón) para cada uno de los tratamientos (no gestionado sin ganado-SD, gestionado sin ganado-A, gestionado con ganado-B) y cada una de las fases del experimento (inicial, intermedia y final) en el bosque de pino laricio en la prueba piloto de La Garcipollera (Aragón). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

- Viñedo de montaña: La implementación de nuevas prácticas agronómicas de viñedos en zonas de montaña aumentó la biodiversidad microbiana del suelo y mejoró la calidad de la uva, aunque con una reducción de la productividad respecto a sistemas convencionales. Las cubiertas vegetales

redujeron la erosión y mejoraron la estructura del suelo, pero también compitieron por recursos hídricos con las vides (Figura 9, DE HERRALDE et al. 2024).

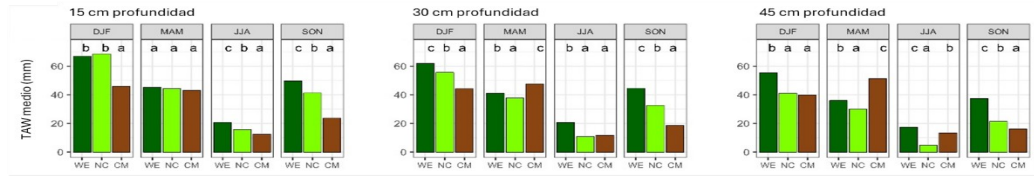


Figura 9. Boxplots para el Total de Agua Disponible (TAW) en tres profundidades del suelo y cuatro estaciones del año (invierno DJF, primavera MAM, verano (JJA) y otoño (SON) en la prueba piloto de Espolla (Cataluña). Los recuadros verdes oscuro representan la cubierta vegetal bien establecida (WE), en verde claro representan la cubierta nueva (NC) y en marrón el manejo convencional del suelo (MC). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre parcelas.

- Gestión a escala de cuenca:** Se destaca la importancia de gestionar la media montaña a escala de cuenca hidrográfica, considerando el papel crítico de estas áreas en la regulación de los recursos hídricos. Se utilizó la modelización eco-hidrológica para evaluar los efectos combinados del cambio climático y los cambios en el uso del suelo, mostrando que las medidas de gestión del paisaje aplicadas en el proyecto pueden reducir la pérdida de caudal y mejorar la disponibilidad de agua. La diversificación del paisaje resultante de las prácticas implementadas contribuye, así, a una mayor resiliencia hídrica y ecológica a largo plazo (Figura 10, ZABALZA-MARTÍNEZ et al 2022).

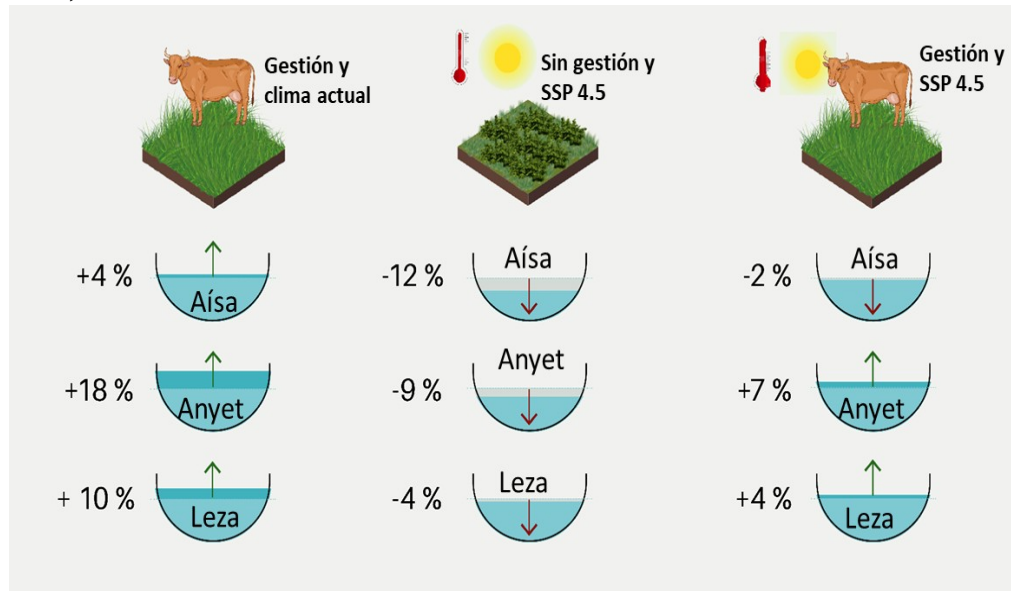


Figura 10. Tabla resumen de la variación del caudal medio mensual en las cuencas de estudio (Valle de Aísa, Río Anyet y Río Leza) según los escenarios de gestión del territorio y de cambio climático modelizados.

5. Discusión:

Los resultados obtenidos destacan que las intervenciones realizadas pueden mejorar la resiliencia ambiental y socioeconómica de la media montaña



mediterránea. La recuperación del paisaje en mosaico y la introducción de prácticas sostenibles de gestión del territorio son efectivas para disminuir los efectos del cambio climático, como la pérdida de la biodiversidad, el aumento de los incendios y el estrés hídrico (BORRÁS et al. 2023).

Estas observaciones son consistentes con otros estudios previos que han demostrado que la gestión basada en el uso extensivo sostenible de los recursos naturales -incluyendo la conservación de la biodiversidad, así como la provisión de servicios ecosistémicos- es la opción que mejor cumple simultáneamente los objetivos de mantenimiento de la población rural, menor impacto ambiental y aumento de la resiliencia (LLORET et al., 2024).

La gestión forestal y silvopastoral, con un adecuado manejo del ganado, puede reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas mediterráneos a la sequía y los incendios a corto plazo (VILÀ-CABRERA et al., 2017, VARELA et al., 2022). Un desafío destacado es la necesidad de ajustar las cargas ganaderas y las prácticas de gestión a las condiciones locales, ya que una presión ganadera excesiva o insuficiente puede comprometer la efectividad y sostenibilidad de las intervenciones (BARRANTES et al 2024). El papel de la recuperación de cultivos leñosos de alto valor añadido, como es el caso del viñedo también juega un papel relevante (GÓRRIZ-MIFSUD et al., 2025).

Aunque el seguimiento de las variables ecológicas se limita a cuatro años, este trabajo representa el inicio de un sistema de monitoreo a largo plazo que busca proporcionar criterios técnicos y herramientas prácticas para los gestores forestales en un contexto de cambio climático.

Los resultados del escalado a escala de cuenca (ZHANG et al., 2017; FARGUELL et al., 2022). Estos resultados subrayan la importancia de aplicar estrategias de gestión territorial para mejorar la resiliencia y la provisión de servicios ecosistémicos (disponibilidad de agua, biodiversidad, prevención de la erosión, producción), especialmente bajo el estrés de una mayor variabilidad climática y sequías más frecuentes. Sin embargo, como algunos estudios sugieren, los efectos del clareo forestal son efímeros (por ejemplo, Del Campo et al., 2022), las prácticas de gestión deben repetirse para mantener los resultados positivos de forma eficaz. Además, las decisiones de gestión deben tener en cuenta las condiciones locales y los futuros escenarios de cambio climático específicos de cada zona.

6. Conclusiones:

El proyecto LIFE MIDMACC ha demostrado que la implementación de estrategias de gestión del paisaje, como la recuperación de pastos, la gestión forestal adaptativa y la introducción de viñedos de montaña, puede mejorar significativamente la resiliencia de la media montaña mediterránea frente al cambio climático. Entre las principales conclusiones destacan:

- El proyecto ha generado conocimientos valiosos para la formulación de políticas de adaptación al cambio climático a nivel regional, contribuyendo con herramientas e información de base a la gestión sostenible del paisaje.
- Las prácticas de gestión del paisaje deben adaptarse a las condiciones específicas de cada territorio y contar con un monitoreo continuo para ajustar las intervenciones.
- La transferencia de resultados a otras regiones de media montaña es viable, pero requiere un enfoque contextualizado y la participación activa



de los actores locales.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto LIFE MIDMACC (LIFE18 CCA/ES/001099 Mid-mountain adaptation to climate change) con financiación del Programa europeo LIFE (Climate change adaptation), desarrollado entre 2019 y 2024.

8. Bibliografía

BARRANTES, O., BORRÀS, G.; CANTOS, G.; FORONDA, A.; GARCIA, E.; DE HERRALDE, F.; SOLANGE LANA-RENAULT, N.; LASANTA, T.; LORENZO J.; MORANTE, M.; NADAL-ROMERO, E.; PASCUAL, D.; PLA, E.; PUEYO, Y.; REINÉ, R.; RUIZ, P.; SÁNCHEZ, E.; TERRÁDEZ, J.; ZABALZA, J.; ZARROUK, O. 2024 Layman's report. Deliverable 36. LIFE MIDMACC project.

BORRÀS G, CANTOS G, FORONDA A, DE HERRALDE F, MORANTE M, PASCUAL D, PLA E, LANA-RENAULT N, ZABALZA J. 2023. Integrated adaptation guidelines for mid-mountain areas. Deliverable 22 LIFE MIDMACC project.

DE HERRALDE F, ZARROUK O, SÁNCHEZ-COSTA E, SÁNCHEZ-ORTIZ A, BARBETA A, SAVÉ R, ARANDA X, NADAL-ROMERO E, LASANTA T, ZABALZA J, PUEYO Y, LANA-RENAULT N, LUCAS Y, GUIVERNAU M, CARRERAS M, VIÑAS M, RUÍZ P .2023. Report with the final monitoring results of the implementation C3 action. Deliverable 32. LIFE MIDMACC project.

DEL CAMPO, A., GONZÁLEZ-SANCHIS, M., MOLINA, A.J., GARCÍA-PRATS, A., CEACERO, C.J., BAUTISTA, I., 2019. Effectiveness of water-oriented thinning in two semiarid forests: the redistribution of increased net rainfall into soil water, drainage and runoff. *Forest Ecology and Management* 438, 163–175.

FARGUELL, J.; ÚBEDA, X.; PACHECO, E. 2022. Shrub removal effects on runoff and sediment transport in a Mediterranean experimental catchment (Vernegà River, NE Spain). *Catena* 210, 105882

GARCÍA-RUIZ, J.M.; LÓPEZ-MORENO, J.I.; VICENTE-SERRANO, S.M.; LASANTA-MARTÍNEZ, T.; BEGUERÍA, S.; 2011. Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth-Science Reviews* 105(3-4), 121-139.

GÓRRIZ-MIFSUD, E.; DARNAY, S.; ROVELLADA BALLESTEROS, M. 2025. Bridging wine and forestry sectors to reduce wildfires: Wine actors' perceptions, their role in risk reduction and externality labelling. *Trees, Forests and People*, Volume 20, 100835

KEESSTRA, S., NUNES, J., NOVARA, A., FINGER, D., AVELAR, D., KALANTARI, Z., & CERDÀ, A. 2018. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 610, 997-1009.

LASANTA, T.; NADAL-ROMERO, E.; ARNÁEZ, J.; 2015. Managing abandoned farmland to control the impact of re-vegetation on the environment. The state of art in Europe. *Environmental Science and Policy* 52, 99-109.

KHORCHANI, M., NADAL-ROMERO, E., TAGUE, C., LASANTA, T., ZABALZA, J., LANA-RENAULT, N., DOMÍNGUEZ-CASTRO, F., CHOATE, J., 2020. Effects of active and passive land use management after cropland abandonment on water and vegetation dynamics in the Central Spanish Pyrenees. *Science of the Total Environment* 717, 137160.



LASANTA T, CORTIJOS-LÓPEZ M, ERREA MP, LLENA M, SÁNCHEZ-NAVARRETE P, ZABALZA J, NADAL-ROMERO E. 2023. Shrub clearing and extensive livestock as a strategy for enhancing ecosystem services in degraded Mediterranean mid-mountain areas. *Science of the Total Environment*. Volume 906, 167668,

LLORET, F., ESCUDERO, A., LLORET, J., VALLADARES, F. 2024. An ecological perspective for analysing rural depopulation and abandonment. *People and Nature*, 6, 490–506.

NADAL-ROMERO, E., ZABALZA, J., ERREA, M.P., LLENA, M., REVUELTO, J., FORONDA, A., LASANTA, T., PUEYO, Y., REINÉ, R., BARRANTES, O., LANA-RENAULT, N., RUIZ, P., LORENZO, J. 2024. Report with the final monitoring results of the implementation action C1. Deliverable 30. LIFE MIDMACC project.

OVANDO, P., BEGUERÍA, S., CAMPOS, P., 2019. Carbon sequestration or water yield? The effect of payments for ecosystem services on forest management decisions in Mediterranean forests. *Water Resources and Economics* 28, 100119.

PASCUAL D, PLA E, NADAL-ROMERO E, LASANTA T, ZABALZA J, FORONDA A, PUEYO Y, REINÉ R, BARRANTES O, LANA-RENAULT N, RUIZ P, LORENZO J. 2024. Report with the final monitoring results of the implementation action C2. Deliverable 31 LIFE MIDMACC project.

SAN ROMAN SANZ, A., C. FERNANDEZ, F. MOUILLOT, L. FERRAT, D. ISTRIA, AND V. PASQUALINI. 2013. Long-term forest dynamics and land-use abandonment in the Mediterranean mountains, Corsica, France. *Ecology and Society* 18(2): 38.

SANCHO-REINOSO, A. 2013. Land abandonment and the dynamics of agricultural landscapes in Mediterranean mountain environments: the case of Ribagorça (Spanish Pyrenees). *Erdkunde*, 289-308.

SANS F, TERRÁDEZ J, GARCÍA E, PASCUAL D, PLA E (2024) Integrated Adaptation Guidelines: Handbook of Lessons learned and replication protocols. Deliverable 24 LIFE MIDMACC project.

STOATE, C., BÁLDI, A., BEJA, P., BOATMAN, N.D., HERZON, I., VAN DOORN, A., DE SNOO, G.R., RAKOSY, L., RAMWELL, C. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management*, Volume 91, pp. 22-46

VARELA, E.; OLAIZOLA, A.M.; BLASCO, I.; CAPDEVILA, C.; LECEGUI, A.; CASASÚS, I.; BERNUÉS, A.; MARTÍN-COLLADO, D.; 2022. Unravelling opportunities, synergies, and barriers for enhancing silvopastoralism in the Mediterranean. *Land Use Policy* 118 106140.

ZABALZA-MARTÍNEZ, J., NADAL-ROMERO, E., LASANTA, T., VICENTE-SERRANO, S., LÓPEZ-MORENO, J.I. 2022. Report with the pilot monitoring upscaling results to the river basin scale Deliverable 17 LIFE MIDMACC project.

ZHANG, M., LIU, N., HARPER, R., LI, Q., LIU, K., WEI, X., NING, D., HOU, Y., LIU, S., 2017. A global review on hydrological responses to forest change across multiple spatial scales: Importance of scale, climate, forest type and hydrological regime. *Journal of Hydrology* 546, 44–59.