



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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



8CFE

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



Alternativas para la adaptación al cambio climático y la recuperación socioeconómica de las zonas de media montaña de La Rioja, Aragón y Cataluña

PLA FERRER, E.¹, PASCUAL SÁNCHEZ, D.¹, NADAL ROMERO, E.², ZABALZA MARTÍNEZ, J.², LASANTA, T²., ARANDA X.³, DE HERRALDE, F.³, BORRÀS CALVO, G.⁴, CANTOS FONT, G.⁴, RETANA ALUMBREROS, J^{1,5}., BARRANTES DÍAZ, O.⁶, REINÉ VIÑALES, R.⁶, LANA-RENAULT, N.⁷, RUIZ FLAÑO, P.⁷, y GARCÍA BALAGUER, E.⁸

¹ CREAF, E08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Catalonia, Spain.

² Instituto Pirenaico de Ecología, IPE-CSIC, E50059 Zaragoza, Spain.

³ Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, IRTA, Torre Marimon, E08140 Caldes de Montbui, Spain.

⁴ Oficina Catalana del Cambio Climático, OCCC, Generalitat de Catalunya, E08007 Barcelona, Spain.

⁵ Universitat Autònoma de Barcelona, E08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Catalonia, Spain.

⁶ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza, E50013 Zaragoza, Spain

⁷ Departamento de Ciencias Humanas, Universidad de La Rioja, E26004 Logroño, Spain.

⁸ Observatorio Pirenaico del Cambio Climático, OPCC, Comunidad de Trabajo de los Pirineos, CTP, E22700, Jaca, Huesca, Spain.

Resumen

Las zonas de montaña del sur de Europa se consideran altamente sensibles a los impactos del cambio climático a causa, entre otros, de la extensión y severidad de las sequías o la mayor frecuencia de incendios. Además, estas zonas han sufrido en las últimas décadas abandono rural y reducción de la actividad socioeconómica. Promover alternativas en la media montaña que permitan adaptarse al cambio climático y mejorar su desarrollo socioeconómico es el objetivo principal del proyecto LIFE MIDMACC. Con la implementación y seguimiento de medidas de gestión del paisaje en La Rioja, Aragón y Cataluña, el proyecto evalúa su eficacia socioeconómica y ecológica en la mejora de la resiliencia al cambio climático. Las medidas implementadas son: la recuperación de pastos a través del desbroce e introducción de ganadería extensiva; la gestión forestal para la prevención de incendios y mantenimiento con ganadería extensiva; y la introducción de viñedos en zonas de montaña. Resultados preliminares de este tipo de actuaciones apuntan a una mejora en el secuestro de carbono, la resistencia al fuego, la productividad y la capacidad de retención de agua. LIFE MIDMACC aportará resultados de estas y otras variables de interés de forma extensa en el espacio y el tiempo.

Palabras clave

Gestión forestal, ganadería extensiva, viñedo de altitud, desarrollo rural, abandono rural.

1. Introducción

Las áreas de media montaña mediterránea del sur de Europa son regiones vulnerables a numerosos impactos físicos y antropogénicos, incluido el cambio climático (GARCÍA-RUIZ et al., 2011; IGLESIAS et al., 2011). Hasta mediados del siglo XX, los paisajes de la montaña mediterránea se caracterizaban por un mosaico de zonas agrícolas tradicionales que combinaban múltiples usos del suelo agro-silvo-pastorales. Sin embargo, la despoblación y el abandono agropecuario durante el siglo XX, especialmente en las décadas de 1960 y 1970, ha sustituido el tradicional mosaico paisajístico por otro simplificado y homogéneo, en el que los bosques y matorrales constituyen la matriz (VAN EETVELDE & ANTROP, 2003; LASANTA et al., 2016). La homogeneización del paisaje conlleva importantes impactos negativos significativos, incluyendo: (i) la reducción de los recursos hídricos, (ii) el aumento del riesgo de incendios forestales, (iii) la banalización de los paisajes culturales, (iv) la pérdida de biodiversidad, (v) la disminución de los recursos pastorales, y (vi) la alteración de la dinámica de los ecosistemas (LASANTA et al., 2015). El efecto más notable es la

disminución de los recursos hídricos, dado el mayor consumo de agua por parte de la vegetación. Estos procesos merman los servicios ambientales que proporcionan las zonas de montaña, como la provisión de agua a las partes bajas de las cuencas necesaria para el riego y el abastecimiento urbano y turístico, así como la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y forestales y sus ingresos económicos. También tienen un efecto sobre la capacidad del suelo en el secuestro de carbono, que es superior en paisajes culturales de alta diversidad (GARCÍA-RUIZ et al., 2011; NADAL-ROMERO et al., 2021).

Por otro lado, las proyecciones futuras alertan de cambios climáticos notables en las montañas del sur de Europa (EEA 2017). Entre estos procesos destacan: (i) el aumento de la frecuencia e intensidad de las olas de calor, (ii) la disminución de la cantidad de precipitaciones, de la humedad del suelo y de la escorrentía debido a un aumento de la frecuencia de las sequías, (iii) las pérdidas en el rendimiento de los cultivos, (iv) los cambios fenológicos en los cultivos y en los polinizadores, patógenos y fauna útil asociados, (v) la pérdida de biodiversidad y (vi) el aumento de la frecuencia y de la superficie afectada por los incendios forestales.

La reversión de estos procesos, es decir, la conversión y/o mantenimiento de paisajes de mosaico agro-silvo-pastoral en zonas de media montaña se considera un excelente enfoque para la adaptación al cambio climático, dado que aportan una mayor biodiversidad, proporcionan servicios ecosistémicos vitales, y son más sostenibles y resilientes al cambio climático. La diversificación del paisaje también aumenta la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y forestales, con efectos positivos en el poblamiento. Por todo ello, las medidas de adaptación al cambio climático en el sur de Europa deben incluir una gestión eficaz del territorio de las zonas de montaña

La adaptación de la media montaña mediterránea implica la necesidad de desarrollar sociedades sostenibles adaptadas y resistentes a los cambios climáticos. Para ello, es clave recuperar las actividades económicas que favorezcan la fijación de población, reduzcan la despoblación y diversifiquen la actividad económica más allá del turismo. Existen diferentes prácticas que impulsan el desarrollo socioeconómico en estas regiones y que a la vez son medidas eficaces en la adaptación al cambio climático. De todas las prácticas posibles, esta comunicación explora la implementación de tres: i) la eliminación de matorral para recuperar pastos para el ganado extensivo, ii) la gestión forestal para disminuir el riesgo de incendios forestales y generar pastos bajo arbolado, y iii) la agricultura de montaña mediante el cultivo de viñedos. Una réplica amplia de estas medidas reduciría la vulnerabilidad de las áreas de montaña al cambio climático. La media montaña mediterránea recuperaría un paisaje en mosaico con viñedos, pastos y bosques bien gestionados, alternando con áreas de matorral y ecosistemas diversos, lo que reduciría los riesgos asociados al cambio climático y, por tanto, adaptaría las zonas de media montaña a los futuros escenarios climáticos más secos y cálidos.

2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto LIFE MIDMACC, presentado sintéticamente en esta comunicación, es estudiar medidas de adaptación al cambio climático puestas ya en práctica en la media montaña mediterránea de La Rioja, Aragón y Cataluña, y evaluar sus efectos ambientales, paisajísticos y socioeconómicos. Estas medidas incluyen tres actividades agro-silvo-pastorales:

- Regeneración de pastos mediante desbroce de matorral en áreas seleccionadas y pastoreo con ganadería extensiva.
- Gestión forestal con eliminación del sotobosque para la prevención del riesgo de incendio y pastoreo con ganadería extensiva.
- Optimización y/o Introducción de viñedos de montaña.

En el proyecto LIFE MIDMACC se utiliza una superficie experimental que supera las 27 ha, incluyendo viñedos en altitud, áreas desbrozadas y bosques gestionados, como queda reflejado en el siguiente apartado. Se evalúa la eficacia socioeconómica y ecológica de las tres medidas, utilizando un enfoque multisectorial. En este proceso se han involucrado a los principales gestores y actores del territorio en el diseño, desarrollo y seguimiento de las medidas de adaptación al cambio climático.

3. Metodología

3.1 Medidas de gestión del paisaje aplicadas

1. Desbroce de matorral: Eliminación del matorral en una zona revegetada para regenerar pastos, favorecer el desarrollo de la ganadería extensiva y reducir el riesgo de incendio. La zona desbrozada se ha vallado para evaluar el impacto de la carga ganadera: sin ganado, y con alta, media y baja presión de ganado. El objetivo es evaluar el efecto del desbroce y la carga ganadera en: (i) las propiedades físico-químicas del suelo, la humedad y el secuestro de carbono orgánico, (ii) los pastos (biodiversidad, producción y calidad), y (iii) la respuesta hidrogeomorfológica (escorrentía, tasas de infiltración, erosión, tiempos de respuesta).

2. Gestión forestal: Aplicación de gestión forestal adaptativa con el doble objetivo de reducir el riesgo de incendio y estimular el pasto bajo arbolado y la entrada de ganadería extensiva. La zona gestionada se ha vallado para evaluar el impacto del pastoreo (con una carga media) y del no pastoreo. El objetivo es evaluar el efecto de la gestión y el ganado en: (i) las propiedades físico-químicas del suelo, la humedad y el secuestro de carbono, (ii) la estructura del bosque, el riesgo de incendio y el decaimiento forestal, (iii) los pastos, y (iv) la respuesta hidrogeomorfológica.

3. Viñedos de montaña: Fomento de la agricultura de montaña mediante la recuperación de campos abandonados para cultivar viñedos de altitud y la aplicación de prácticas agrícolas que favorezcan la adaptación al cambio climático en viñedos ya establecidos. El objetivo es evaluar los efectos de los viñedos en altitud en: (i) las propiedades físico-químicas del suelo, la humedad, la biodiversidad microbiana y el secuestro de carbono, (ii) la producción del viñedo (producción total, calidad de la uva, calidad del vino), y (iv) la respuesta hidrogeomorfológica.

3.2 Zonas de estudio

En cada una de las tres áreas de estudio se hace el seguimiento de dos medidas.

1. Desbroce de matorral: Se ha implementado en 2 parcelas de La Rioja, una en sustrato calcáreo y otra en silíceo, y en 1 parcela de Aragón, en sustrato calcáreo.

El desbroce se ha realizado por medios manuales entre noviembre de 2019 y marzo de 2020, cumpliendo alguno de los requisitos que exige el Gobierno de La Rioja, en su plan de desbroces en vigor desde 1986. Entre ellos se incluyen: (i) no se pueden generar manchas desbrozadas de más de 10 ha, con el fin de favorecer paisajes en mosaico, (ii) no se pueden desbrozar sectores con pendiente de > 30% para controlar la erosión, (iii) no se deben eliminar árboles ni arbustos de más de 1,5-2 m de altura para favorecer la biodiversidad y (iv) la superficie máxima a desbrozar no debe superar el doble de la carga ganadera (LASANTA et al. 2016). La figura 1 muestra el estado inicial y post-actuación de las parcelas donde se ha llevado a cabo el desbroce.

- La Rioja: El desbroce en litología calcárea se realizó en San Román de Cameros, en una superficie de 0,7 ha. La vegetación inicial en la parcela estaba compuesta principalmente por *Buxus sempervirens*, *Juniperus communis*, *Rosa canina* y *Genista scorpius*; con una cobertura herbácea de pastos aproximada del 38% de *Brachypodium spp.*, *Bromus erectus*, *Festuca rubra*, *Carex spp.* y *Aphyllanthes monspeliensis*, como especies dominantes.
- La Rioja: El desbroce en litología silícea tuvo lugar en Ajamil, en una superficie de 3,6 ha. La vegetación inicial estaba compuesta principalmente por *Cistus laurifolius* y una baja cobertura de especies herbáceas.

- Aragón: El desbroce se ha realizado en la finca experimental de La Garcipollera, en Jaca (Huesca), en una superficie de 3,5 ha. La vegetación inicial estaba compuesta por *Buxus sempervirens*, *Juniperus communis* y *Genista scorpius*. con una cobertura herbácea dominada por *Hemicryptophytes*, siendo las especies predominantes *Brachypodium spp.*, *Bromus erectus*, *Festuca rubra*, *Carex spp.* y *Aphyllanthes monspeliensis*.

2. Gestión forestal adaptativa: La gestión se ha implementado en 2 parcelas de Aragón en la finca experimental de La Garcipollera (Jaca, Huesca) y en 1 parcela en Cataluña. La gestión se ha llevado a cabo en el invierno de 2019 (Cataluña), enero de 2020 (pinar de Aragón) y febrero de 2021 (chopera, Aragón). La figura 2 muestra el estado inicial y post-actuación de las parcelas donde se ha llevado a cabo.

- Aragón, pinar de *Pinus nigra*: La gestión se aplica en una parcela de 0,58 ha de *Pinus nigra* (98% del área basimétrica), con algunas especies acompañantes minoritarias: fresno (*Fraxinus sp.*) y algunos individuos aislados de peral (*Pyrus cordata*). Se trata de una repoblación de los años 1960, con una densidad baja (unos 470 árboles/ha) y área basimétrica de 24,2 m²/ha. La actuación ha reducido el 95% de la cobertura y el 96% del biovolumen del sotobosque.
- Aragón, chopera: La gestión se realiza en una parcela de 0,86 ha, donde el *Populus* es la especie dominante (98% del área basimétrica), con algunas especies acompañantes minoritarias como fresno (*Fraxinus sp.*), el majuelo (*Crataegus monogyna*) y algunos árboles aislados de membrillo (*Cydonia oblonga*) y ciruelo (*Prunus domestica*), en una parcela de 0,86 ha. Se trata de una chopera con una densidad muy baja (unos 150 árboles/ha) y área basimétrica de 9,5 m²/ha. La actuación ha reducido el 84% de la cobertura y el 97% del biovolumen del sotobosque.
- Cataluña, encinar: La gestión se ha llevado a cabo en un encinar de Requesens, dentro del Espacio Natural Protegido de l'Albera (provincia de Girona), en una superficie de 1,15 ha. La encina (*Quercus ilex*) es la especie dominante (50% del área basimétrica), con algunas especies acompañantes: alcornoque (*Quercus suber*), roble (*Quercus humilis*), y madroño (*Arbutus unedo*) y algunos individuos de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) y pino marítimo (*Pinus pinaster*). Se trata de un encinar muy denso (más de 1.700 pies/ha), con un área basimétrica de 30 m²/ha y estructura irregulgar. Según los propietarios de la finca, el bosque no se ha gestionado en los últimos 80 años (aproximadamente). La actuación ha reducido el 60% la fracción de cabida cubierta, el 62% el área basimétrica y el 66% la densidad, provocando una fuerte apertura de la cubierta para estimular la producción y la regeneración de los pastos.

3. Viñedos de montaña: La optimización y/o introducción de viñedos se estudia en 2 zonas de La Rioja y en 3 de Cataluña (Figura 3). Las actuaciones abarcan una serie de condiciones y prácticas agrícolas que se comparan entre diferentes parcelas.

- La Rioja, Clavijo. La actuación se lleva en un viñedo de 2,33 ha, propiedad de la Bodega "Depadre viñedos de Montaña". Se analiza los efectos del cultivo de viña en terrazas y en pendiente, con o sin cobertura herbácea, y se compara con campos cercanos abandonados cubiertos por matorral.
- La Rioja, Tudelilla. En un viñedo, propiedad de Bodegas Dinastía Vivanco de 10,73 ha, se analiza el efecto del cultivo de viñas de diferentes edades (joven, media y madura) y se compara con campos cercanos abandonados cubiertos por matorral.
- Cataluña, Espolla. En un viñedo perteneciente a la Denominación de Origen Empordà, de 2,7 ha de variedad Cariñena, se compara el efecto de la cobertura espontánea durante varios años y de la cobertura espontánea a partir de 2019 con la gestión convencional del suelo de eliminación de la vegetación (laboreo o herbicidas).
- Cataluña, Roses. En un viñedo de la Bodega Espelt de 3,9 ha de variedad garnacha, se combinan dos factores: viñas en vaso y emparradas, y viñas en pendiente y en terrazas.
- Cataluña, Llivia. En un viñedo de la Bodega Llivins de 0,3 ha, se analiza el efecto de plantar viñas en antiguos campos de pasto a dos edades diferentes: una viña plantada en

2012 y otra en 2020, y se compara con un campo de pasto aún en uso. Se trata de un viñedo a mayor altitud, a unos 1.220 m

3.3 Diseño de la red de seguimiento de los efectos de las medidas de gestión implementadas

La toma de datos en las zonas experimentales comenzó en la mayoría de las parcelas en mayo de 2020 y continuará hasta el fin del proyecto (junio 2024). A continuación, se detallan las tareas de seguimiento.

1. Desbroce de matorral: Con el fin de conocer los efectos del desbroce de matorral y el pastoreo en los pastos, los recursos hídricos y la calidad del suelo, se han vallado 12 subparcelas cuadradas de 10*10 m y una parcela control cercana sin intervención con las mismas condiciones ambientales y estructura de la vegetación (Figura 4). Las 12 subparcelas se gestionan con cargas ganaderas diferentes, teniendo 3 réplicas para cada carga. Las cargas ganaderas se definieron en función del tamaño de las subparcelas y la experiencia y conocimiento de los actores locales, definiendo 4 cargas:

- Subparcelas A: Desbroce de matorral sin pastoreo del ganado.
- Subparcelas B: Desbroce de matorral con baja presión ganadera: cuatro ovejas en primavera durante 72 horas.
- Subparcelas C: Desbroce de matorral con presión ganadera media: cuatro ovejas en primavera y otoño durante 72 horas cada vez.
- Subparcelas D: Desbroce de matorral con alta presión ganadera: cuatro ovejas en primavera, final de verano y otoño durante 72 horas cada vez.

2. Gestión forestal adaptativa: Con el fin de conocer los efectos de la gestión forestal y la actividad ganadera en la recuperación de pastos, los recursos hídricos, el riesgo de incendio, el decaimiento forestal, y la calidad del suelo, se controlan tres grupos de parcelas: 1) control, sin gestión forestal ni entrada de ganado, 2) gestionadas con pastoreo de ganado, y 3) gestionadas sin pastoreo de ganado. Para cada una de las parcelas se realizan tres réplicas, habiendo entre 8 y 9 subparcelas en total. La superficie de cada subparcela depende de la zona, en Aragón son de 400 m² mientras que en Cataluña son de 1.000 m² (Figura 5). Se trabaja con una única carga ganadera (2 vacas/parcela en Aragón y 20 vacas/parcela en Cataluña) con dos entradas del ganado al año durante 72 horas.

3. Viñedos de montaña: El objetivo del seguimiento es conocer los efectos de diferentes prácticas agronómicas en viñedos de montaña en las características del suelo y su biodiversidad, la producción y calidad de la uva y los recursos hídricos. El seguimiento de los efectos estudiados se realiza en función del tipo de muestreo.

3.4 Seguimiento de los efectos de las medidas de gestión implementadas

1. Desbroce de matorral: La Tabla 1 recoge las variables que se estudian en las parcelas desbrozadas, especificando los indicadores utilizados para cuantificar las variables, la frecuencia del seguimiento y la metodología usada. En resumen, se analizan las siguientes variables:

- Características físico-químicas del suelo
- Humedad del suelo
- Biodiversidad de pastos
- Producción y calidad de pastos
- Simulaciones de lluvia - Respuesta hidrológica y erosión del suelo
- Condiciones meteorológicas

2. Gestión forestal adaptativa: La Tabla 2 recoge las variables que se analizan, que son las mismas que en el caso anterior, pero añadiendo el seguimiento del bosque: estructura del bosque, continuidad del combustible, decaimiento forestal y humedad del combustible.

3. Viñedos de montaña: La Tabla 3 recoge las variables que se analizan, la mayoría de las cuales coinciden con las parcelas de desbroce y gestión forestal. Además, se realiza un seguimiento de la biodiversidad microbiana del suelo, la producción y calidad de la uva, y la calidad del vino.

4. Resultados

La red de seguimiento del proyecto LIFE MIDMACC se instaló en la primavera de 2020, a excepción de la parcela de gestión forestal en la chopera, finalizada en 2021, con el objetivo de evaluar la capacidad de estas medidas para reducir la vulnerabilidad de la media montaña al cambio climático. Hasta ahora, se ha llevado a cabo una campaña de seguimiento completa (2021), cuyos resultados han sido analizados y evaluados y se han comenzado a observar tendencias en algún parámetro. Sin embargo, un año no es suficiente para que los resultados sean significados ni para que se puedan extraer conclusiones robustas. Estos resultados preliminares pueden consultarse en NADAL-ROMERO et al. (2021b), PASCUAL et al. (2021) y ARANDA et al. (2021).

Sin embargo, se conocen resultados preliminares de este tipo de actuaciones en zonas de media montaña mediterránea, que apuntan a que un paisaje en mosaico tiene efectos positivos para el medio ambiente y socio-economía de la media montaña mediterránea. Así, por ejemplo, los resultados del proyecto MANMOUNT demuestran que el desbroce de matorral en el Valle del Leza (La Rioja) tiene un efecto positivo en el secuestro de carbono orgánico por el suelo. En la Figura 6 se observa que los valores de carbono acumulado en el suelo aumentan a medida que el pasto se asienta y los efectos del desbroce se mantienen en el tiempo, especialmente en la capa superficial del suelo. Otro ejemplo son los resultados obtenidos por LASANTA et al. (2018) sobre la evolución del número de incendios y de la superficie quemada en La Rioja y España, entre 1968 y 2019 (Figura 7). Para interpretar los resultados hay que saber que en La Rioja se puso en marcha en 1986 un plan de desbroce de matorral que cada año genera nuevos pastos para la ganadería extensiva. Un análisis comparado de la evolución del número y superficie afectada por incendios en dos períodos diferentes (antes del plan de desbroce 1968-1986, después del plan de desbroce 1986-2019, Figura 7), señala que a partir de 1986 hay diferencias significativas tanto en el número de incendios como en la superficie quemada entre La Rioja y España, concluyendo que el plan de desbroce ha disminuido significativamente el riesgo de incendio en La Rioja.

El objetivo de LIFE MIDMACC es aportar resultados de estas y otras variables de interés de forma extensa, tanto a nivel espacial englobando tres regiones, como en el tiempo, hasta 2023.

5. Discusión

La adaptación de la media montaña mediterránea al cambio climático requiere de acciones que favorezcan la fijación de la población en el territorio y la recuperación de actividades económicas tradicionales que ayuden a re establecer el mosaico agro-silvo-pastoral. Esta comunicación, enmarcada en el proyecto LIFE MIDMACC, presenta algunas actuaciones que se están llevando a cabo, para recabar información de interés que permita a los gestores recuperar paisajes en mosaico, y con ello frenar la pérdida de biodiversidad, favorecer la resiliencia socioecológica y la adaptación al cambio climático.

El pastoreo en las zonas de montaña (tanto en bosques como en eriales) es un factor clave para mantener (o crear) un paisaje en mosaico que constituye un patrimonio natural, con un alto valor ecológico, además de aportar beneficios económicos, sociales, culturales y medioambientales, no sólo a la sociedad local sino también a las áreas próximas. Por otro lado, la instalación de viñedos de altitud puede ser un buen complemento económico, además de aportar complejidad y diversidad al paisaje. En este sentido, no cabe duda de que los paisajes culturales, bien mantenidos, ofrecen una elevada diversidad de servicios ecosistémicos, como el secuestro de carbono por los suelos, la regulación de las emisiones de gases de efecto invernadero, la producción de agua de calidad, elevados índices de biodiversidad y el mantenimiento de recursos naturales tan

importantes como los pastos, la madera y los subproductos del bosque (GARCÍA-RUIZ y LASANTA 2018).

Por otro lado, la conservación de la biodiversidad en Europa depende, entre otras cosas, del mantenimiento de los sistemas agrícolas tradicionales de baja intensidad. Muchos de los tipos de hábitats y especies europeos más amenazados dependen de prácticas agrícolas desarrolladas en regiones específicas con condiciones ambientales favorables. La ganadería extensiva puede promover un cambio de paisaje caracterizado por un mosaico de usos del suelo que incorpore altos valores de producción (pastos, frutas, madera y leña), importantes valores ecológicos y culturales (suelos, polinización, ciclos bioquímicos, educación y ocio), la regulación de los procesos hidromorfológicos (conservación del suelo, producción y calidad del agua, control de inundaciones) y el soporte de una gran diversidad de hábitats. Los bosques poco densos y los matorrales albergan especies de fauna y flora clave en la región mediterránea. Algunos de ellos (por ejemplo, la perdiz roja, los conejos y los pequeños roedores) son componentes clave en la red alimentaria de especies emblemáticas, como el águila imperial o varias especies de aves esteparias, especies que están amenazadas por la progresiva pérdida de hábitats abiertos.

6. Conclusiones

Se ha presentado el proyecto LIFE MIDMACC (julio de 2019 – junio de 2024) que tiene como principal objetivo aportar información, a los gestores y actores del territorio, sobre distintas prácticas de gestión que se están llevando a cabo recientemente en la montaña mediterránea, entre las que se incluyen el desbroce de matorrales en laderas para favorecer el pastoreo del ganado y el desarrollo de la ganadería extensiva, la gestión forestal adaptativa en masas forestales, y el cultivo de viñedos en altitud. Tales prácticas son una respuesta de adaptación al cambio climático, en áreas con escasas alternativas socioeconómicas, por sus condicionantes biofísicos, históricos y antropogénicos.

Se ha descrito la red de seguimiento instalada en La Rioja, Aragón y Cataluña, y las metodologías utilizadas para obtener información sobre variables ambientales (suelos, hidrología...) y socioeconómicas (producción y calidad del pasto, dinámica forestal...).

Hasta el momento solo se tiene una información muy inicial, pero los resultados apuntan a que la creación de un paisaje en mosaico, gestionado con ganadería extensiva y viñedos, puede ofrecer importantes beneficios para la población local y para que la montaña media mediterránea cumpla un papel destacado en el suministro de servicios ecosistémicos. Resultados iniciales que coinciden con los ofrecidos por la bibliografía.

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, comenzado en julio de 2019.

8. Bibliografía

ARANDA, X.; DE HERRALDE, F.; SAVÉ, R.; SÁNCHEZ-COSTA, E.; NADAL-ROMERO, E.; LASANTA, T.; ZABALZA, J.; PUEYO, Y.; LANA-RENAULT, N.; RUIZ, P.; GUIVERNAU, M.; VIÑAS, M.; 2021. Report with the 1st year monitoring results of the implementation C3 action. Deliverable 15. LIFE MIDMACC.

BANQUÉ, M.; VAYREDA, J.; MARTÍNEZ-VILALTA, J; 2013. Monitoreo del decaimiento de los bosques de Cataluña: Proyecto DEBOSCAT. Proceeding of 6º Congreso Forestal Español. 6CFE01-438.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY; 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report No 1/2017.

GARCÍA-RUIZ, J-M.; LASANTA, T.; 2018. El Pirineo aragonés como paisaje cultural. *Pirineos* 173, e038. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2018.173005>

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.

IGLESIAS, A.; GARROTE, L.; DIZ, A.; SCHLICKENRIEDER, J.; MARTIN-CARRASCO, F.; 2011. Rethinking water policy priorities in the Mediterranean region in view of climate change. *Environ. Sci. Policy* 14, 744–757

LASANTA, T.; KHOCHANI, M.; PÉREZ-CABELLO, F.; ERREA, M.P.; SÁENZ-BLANCO, R.; NADAL-ROMERO, E.; 2018. Clearing shrubland and extensive livestock farming: Active prevention to control wildfires in the Mediterranean mountains. *J. Environ. Manage.* 227, 256-266
<https://doi.org/10.1016/j.jenman.2018.08.104>

LASANTA, T.; NADAL-ROMERO, E.; ERREA, P.; ARNÁEZ, J.; 2016. The effects of landscape conservation measures in changing landscape patterns: A case study in Mediterranean mountains. *Land Degradation & Development* 27(2), 373-386.

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.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.012>.

MANMOUNT (PID2019-105983RB-100/AEI/10.13039/501100011033) (2020-2023). Adaptación de la media montaña mediterránea al cambio global: gestión de la cubierta vegetal y usos del suelo para mejorar servicios ecosistémicos de regulación (suelo y agua). Agencia Estatal de Investigación (Gobierno de España).

NADAL-ROMERO, E.; RUBIO, P.; KREMYDA, V., ABSALAH, S.; CAMMERAAT, E.; JANSEN, B.; LASANTA, T.; 2021. Effects of agricultural land abandonment on soil organic carbon stocks and composition of soil organic matter in the Central Spanish Pyrenees. *Catena*, 105441.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105441>

NADAL-ROMERO, E.; ZABALZA, J.; FORONDA, A.; LASANTA, T.; PUEYO, Y.; REINÉ, R.; BARRANTES, O.; LANA-RENAULT, N.; RUIZ, P.; 2021b. Report with the 1st year monitoring results of the implementation action C1. Deliverable 14 LIFE MIDMACC.

NADAL-ROMERO, E.; LASANTA, T.; ZABALZA, J.; PUEYO, Y.; FORONDA, A.; REINÉ, R.; BARRANTES, O.; PASCUAL, D.; PLA, E.; LANA-RENAULT, N.; RUÍZ FLAÑO, P.; 2020. Monitoring protocol of action C1. Deliverable 8. LIFE MIDMACC.

PASCUAL, D.; PLA, E.; NADAL-ROMERO, E.; LASANTA, T.; ZABALZA, J.; FORONDA, A; PUEYO, Y.; REINÉ, R.; BARRANTES, O.; LANA-RENAULT, N.; RUIZ, P.; 2021. Report with the 1st year monitoring results of the implementation action C2. Deliverable 14 LIFE MIDMACC.

PIQUÉ, M.; CASTELLNOU, M.; VALOR, T.; PAGÉS, J.; LARRAÑAGA, A.; MIRALLES, M.; CERVERA, T.; 2011. Integració del risc de gran incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, Generalitat de Catalunya.

VAN EETVELDE, V.; ANTROP, M.; 2004. Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes- two examples from Southern France. Landscape and Urban Planning 67(1-4), 79-95.

Tabla 1. Variables de seguimiento, indicadores utilizados, frecuencia del seguimiento y metodología usada en las parcelas de desbroce de matorral.

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
Suelo – Características físico-químicas	Densidad aparente (BD) pH y conductividad eléctrica (CE) Concentración de carbono total (Ctotal) Concentración de nitrógeno total (N) Contenido de carbonatos (CaCO_3) Reservas de carbono orgánico y nitrógeno del suelo (SOC y TN) Relación Corg/N % de materia orgánica Distribución granulométrica (textura) Fósforo orgánico (P) Humedad saturada del suelo (SAT) Capacidad de campo (FC) Punto de marchitamiento (WP)	Inicial, final Además, se realiza un análisis anual de las propiedades del suelo relacionadas con el almacenamiento de carbono (sólo los primeros 10 cm)	Campaña de campo para recoger muestras de suelo antes del desbroce y al final del proyecto. En cada subparcela se toman tres muestras de suelo que se mezclan para crear una muestra compuesta. Se estudian cuatro profundidades: 0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm. Las muestras se analizan en el laboratorio (más información en Nadal et al. 2020)
Humedad del suelo	Contenido de agua del suelo (SWC)	En continuo	Instalación de sensores de humedad (S-SMC M 005 humidity probes) y dataloggers (U30-NRC Meteorological Station HOBO USB datalogger). Se instalan dos sensores por carga ganadera (en dos de las subparcelas) y dos sensores en la parcela control, a una profundidad de 20 cm.
Pastos – Biodiversidad	Composición de la comunidad vegetal (riqueza de especies, diversidad y tipos funcionales de plantas)	Anual en primavera o verano	Muestreo de campo: El muestreo se realiza en cuatro cuadrículas dispuestas al azar (1*1 m) en cada subparcela del área de desbroce y en 9 cuadrículas dispuestas al azar en el área de control (n=45 cuadrículas por sitio de estudio). En cada cuadrícula se identifican las especies, se cuentan y se estima el porcentaje de cobertura.

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
Pastos – Producción y Calidad	Valor pastoral Calidad nutritiva del pasto (contenido de proteína y fibra) Productividad de la biomasa	Anual en primavera o verano	Muestreo de campo: El muestreo se realiza en cuatro cuadrículas (60*60 cm) localizadas al lado de las cuadrículas de biodiversidad (n=45 muestras por sitio de estudio). En cada cuadrícula, se corta la vegetación hasta el nivel del suelo utilizando tijeras mecánicas (Gardena mod. 8895). Las muestras se introducen en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y, una vez en el laboratorio, se almacenan en un congelador (-18 °C) hasta su procesamiento para evitar su putrefacción y desecación. Después se analizan en laboratorio utilizando diferentes metodologías (más información en Nadal et al. 2020).
Simulaciones de lluvia - Respuesta hidrológica y erosión del suelo	Coeficiente de escorrentía Tasa de infiltración Tiempo de escorrentía Tiempo de estanqueidad Frente de humectación Concentración de Sedimentos Producción de sedimentos Desprendimiento de sedimentos	Después del desbroce y anualmente	Experimentos de simulación de lluvia: Se utiliza un simulador de lluvia portátil diseñado para terrenos accidentados. El simulador consta de una estructura con patas metálicas telescópicas, y está cubierto de plástico para proteger los experimentos del viento. En la parte superior de la estructura se instala una boquilla con una intensidad de lluvia que oscila entre 30 y 45 mm h ⁻¹ (evento de intensidad de lluvia moderada-alta). Las precipitaciones se registran con dos pluviómetros. Se instala un anillo circular con una superficie de 0,25 m ² dentro de la estructura, con una salida de tubo de drenaje para la recogida de muestras de escorrentía. Las muestras tomadas son llevadas al laboratorio, secadas y pesadas para estimar los diferentes parámetros. Más información en Nadal et al. (2020)
Condiciones meteorológicas	Temperatura Humedad relativa Precipitación	Continua	Precipitación: Pluviómetros (en Ajamil y San Román de Cameros) y registro de un pluviómetro de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en La Garcipollera (situado en Bescós). Medición con sensores: En cada zona de tratamiento monitorizada, se instalan sensores de temperatura y humedad relativa del aire (Tinytag Plus 2 - TGP-4500) con rangos de medición de -25°C - 85°C y 0-100%, respectivamente. Para tener diferentes réplicas de ambas mediciones, se han instalado en el interior de las parcelas

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
			experimentales, en las parcelas control y en el exterior de las mismas, en sitios sombreados y bien ventilados.

Tabla 2. Variables de seguimiento, indicadores utilizados, frecuencia del seguimiento y metodología usada en las parcelas de gestión forestal adaptativa.

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
Suelo - Características físico-químicas	Igual que en el desbroce de matorral		
Humedad del suelo	Contenido de agua del suelo (SWC)	En continuo	Instalación de sensores de humedad (S-SMC M 005 humidity probes) y dataloggers (U30-NRC Meteorological Station HOBO USB datalogger). Se instalan dos sensores por carga ganadera (en dos de las subparcelas) y dos sensores en la parcela control, a una profundidad de 20 cm.
Bosque - Estructura del bosque	Densidad (pies/ha) Distribución por clase diamétrica Altura (m) Número de rebrotos/ha Fracción de cabida cubierta (%)	Inicial, después del tratamiento, final	Inventario forestal: Instalación de subparcelas de seguimiento permanentes en cada zona: en Aragón se instalan 8 subparcelas rectangulares de 400 m ² y en Cataluña 9 circulares de 10 m de diámetro (314 m ²). El punto central de estas parcelas queda marcado para los muestreos periódicos. En cada parcela se cuenta el número de árboles/rebrotos de cada especie (diámetro superior a 7,5 cm) y se mide el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura de cada árbol y la fracción de cabida cubierta.
Bosque - Continuidad del combustible	Biovolumen de sotobosque Riesgo de fuego de copas Recubrimiento combustible de superficie y escala (%) Altura del combustible de superficie (m) Distancia entre combustible de superficie y escala, de superficie y aéreo, y de escala y aéreo (m)	Inicial, después del tratamiento, final Anual el riesgo de fuego de copas	Transectos de biomasa: En cada parcela se definen dos transectos de biomasa en franja (10 m) para estimar el biovolumen del sotobosque. En cada transecto se miden la altura máxima y la cobertura de las especies de matorral en parcelas cuadradas de 50x50 cm. Riesgo de fuego de copas: A nivel de subparcela, se determina el riesgo de propagación del fuego de copas siguiendo la metodología del Manual CVFoC (Piqué et al. 2011)

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
	Fracción de cabida cubierta del estrato aéreo (%)		
Bosque - Decaimiento forestal	Defoliación (%) Decoloración (%) Mortalidad (número de árboles muertos)	Inicial, después del tratamiento, anual y final	Clave de identificación del declive forestal: Mediante una clave de campo, se evalúa el estado de decaimiento de la parcela a través de la estimación visual de la mortalidad de árboles, el porcentaje de defoliación (hojas no presentes en relación con las hojas presentes en un árbol sano) y el porcentaje de decoloración del follaje (hojas no verdes en relación con las hojas verdes en un árbol sano). Método de identificación basado en el proyecto DEBOSCAT (Banqué et al, 2013) y en la Red Española de Seguimiento Forestal (Nivel II www.magrama.gob.es).
Bosque - Humedad del combustible	Contenido relativo de agua (RWC)	Estacional y dos veces al mes (verano)	Muestreo de combustible forestal: Se recoge una muestra de ramas de 5 árboles y arbustos al azar mediante una pértiga de fibra de vidrio (Jameson JE). Las muestras se conservan en una caja fría hasta su procesamiento en el laboratorio. En el laboratorio, las muestras se pesan para obtener el peso fresco (W). A continuación, las muestras se secan en el horno a 80 °C durante 24 horas y se pesan para determinar el peso seco (DW). Esto permite determinar el contenido relativo de agua.
Pastos – Biodiversidad	Igual que en el desbroce de matorral		
Pastos – Producción y Calidad	Igual que en el desbroce de matorral		
Simulaciones de lluvia	Igual que en el desbroce de matorral		
Condiciones meteorológicas	Temperatura Humedad relativa Precipitación	Continua	Precipitación: En Aragón se utiliza el registro de un pluviómetro de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en La Garcipollera (situado en Bescós). En Cataluña hay instalada una estación meteorológica automática (estación Vantage Pro2, Davis Instruments, Hayward, California, EE.UU.) de un proyecto LIFE previo. Temperatura y humedad relativa: En Aragón se utilizan los mismos sensores que en el

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
			desbroce de matorral. En Cataluña se han instalado 9 sensores HOBO Pro v2 (U23-001, Onset Computer Corporation). Estos registradores HOBO están situados a 130 cm del suelo. El intervalo de registro se fijó en 60 minutos.

Tabla 3. Variables de seguimiento, indicadores utilizados, frecuencia del seguimiento y metodología usada en las parcelas de viña.

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
Suelo – Características físico-químicas	Igual que en el desbroce de matorral		
Humedad del suelo	Contenido de agua del suelo (SWC) Temperatura del suelo (°C)	En continuo	Instalación de sensores de humedad y temperatura. En Cataluña se han instalado 24 sensores Teros 10, 3 sensores Teros 11 (Meter) y 9 data-loggers ZL6 (Meter) a 15, 30 y 45 cm. En La Rioja se han instalado 8 sensores S-SMC M 005 humidity probes y 4 dataloggers (U30-NRC Meteorological Station HOBO USB datalogger a 20 cm
Biodiversidad microbiológica del suelo	Poblaciones de bacterias y hongos Índices de biodiversidad (Shannon, Simpson)	Al menos 1 vez por parcela, entre 2020 y 2023. Algunas repeticiones en parcelas seleccionadas.	En cada parcela se recogen 5 réplicas por muestra. Muestras tomadas al final de la primavera, en el enero. Para cada muestra se realiza un análisis cuantitativo de ADN por PCR de la subunidad ribosomal 16S para determinar la presencia total de bacterias y hongos. Las muestras se externalizan para su secuenciación masiva (Next Generation Sequencing, NGS), lo que permitirá determinar la presencia de Unidades Taxonómicas Operativas tanto bacterianas como fúngicas, a través de MiSeq, de las que se derivarán los índices de biodiversidad de Shannon y Simpson
Viña – Producción total	Kg de uva por hectárea	Anual (2020-2023)	Información obtenida de las bodegas y productores
Viña – Calidad de la uva	Color Grado alcohólico potencial pH Acidez total	Anual (2020-2023)	Información obtenida de las bodegas y productores

Variable de seguimiento	Indicadores de seguimiento	Frecuencia	Metodología
Viña – Calidad del vino	Grado alcohólico pH Contenido fenólico Valor cualitativo	Anual (2020-2023)	Información obtenida de las bodegas y productores. Se analizan todos los parámetros relevantes según el Compendio de Métodos Internacionales de Análisis de Vinos y Mostos de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), como el grado alcohólico, el pH, el contenido fenólico... y la evaluación del valor cualitativo.
Simulaciones de lluvia	Igual que en el desbroce de matorral		
Condiciones meteorológicas	Temperatura Humedad relativa Precipitación	Continua	Cataluña: Estaciones meteorológicas cercanas del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) La Rioja: Estaciones Meteorológicas cercanas proporcionadas por los propietarios de las Bodegas (Depadre viñedos de montaña y Vivanco). Sensores de temperatura y humedad relativa del aire instalados en las parcelas del proyecto.



San Román de Cameros, La Rioja, antes del desbroce.



San Román de Cameros, La Rioja, después del desbroce.



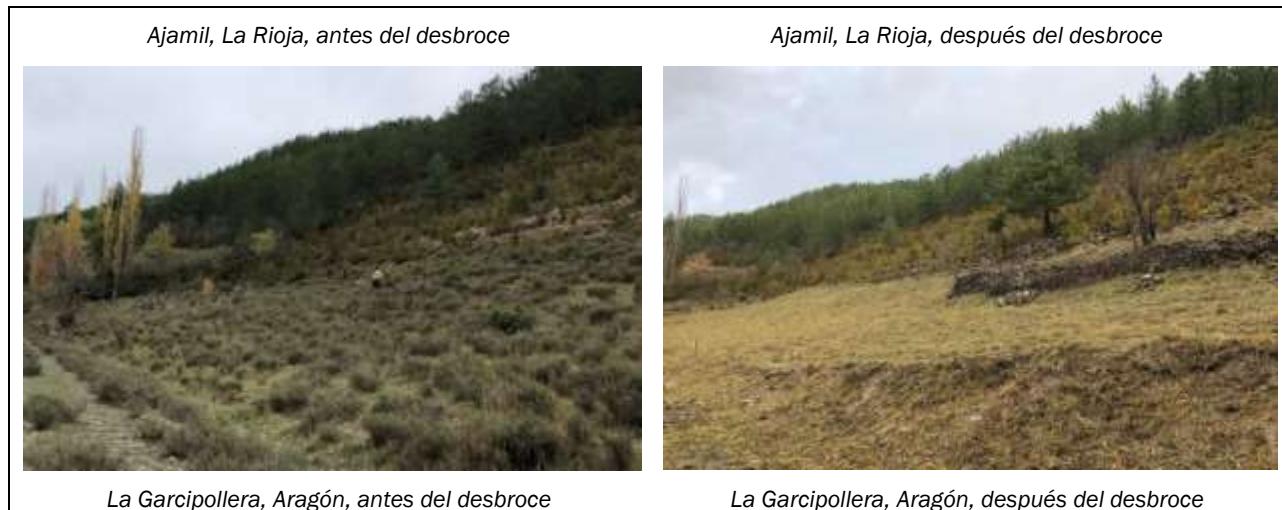


Figura 1. Situación antes y después del desbroce de matorral en las 3 parcelas: San Roman (arriba) y Ajamil (centro) en La Rioja y la Garcipollera en Aragón.





Requesens, Cataluña, antes de la gestión.

Requesens, Cataluña, después de la gestión.

Figura 2. Situación antes y después de la gestión forestal adaptativa en las 3 parcelas: pinar (arriba) y chopera (centro) en La Garcipollera, Aragón y Requesens en Cataluña (abajo).



Viña en terraza, Clavijo, bodega San Prudencio.

Viña en pendiente, Clavijo, bodega San Prudencio.

Viña joven, Tudelilla, bodega Dinastía Vivanco.

Viña madura, Tudelilla, bodega Dinastía Vivanco.



Cubierta vegetal reciente, Espolla.



Cubierta vegetal permanente, Espolla.



Viña en vaso y en pendiente, Roses, Bodega Espelt.



Viña en espaldera y terrazas, Roses, Bodega Espelt



Viña recién plantada (2020), Llivia, Bodega Llivins.



Viña joven (2012), Llivia, Bodega Llivins.

Figura 3. Parcelas de viña en La Rioja y Cataluña.

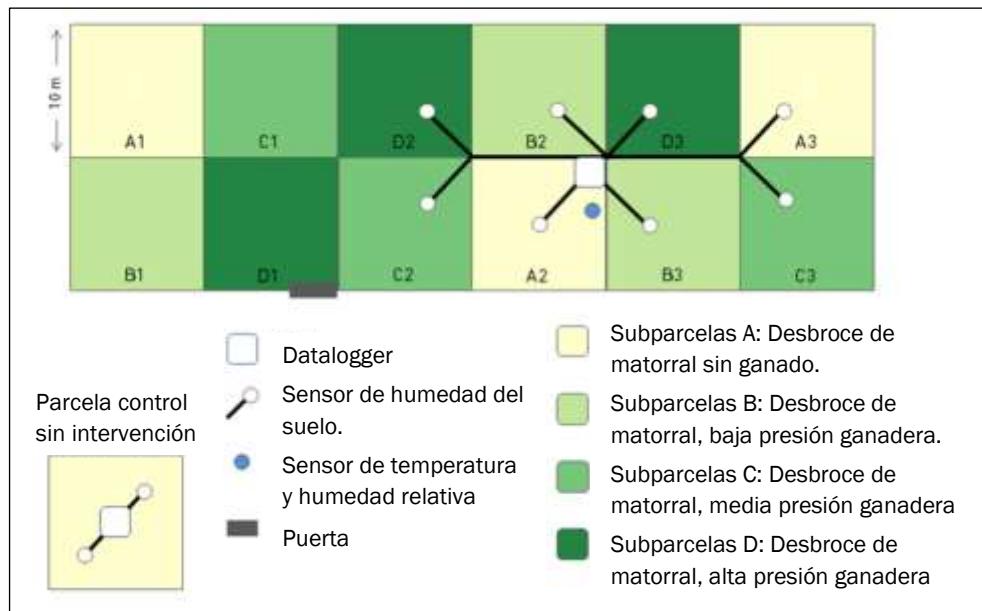


Figura 4. Red de seguimiento establecida en las parcelas de desbroce de matorral.

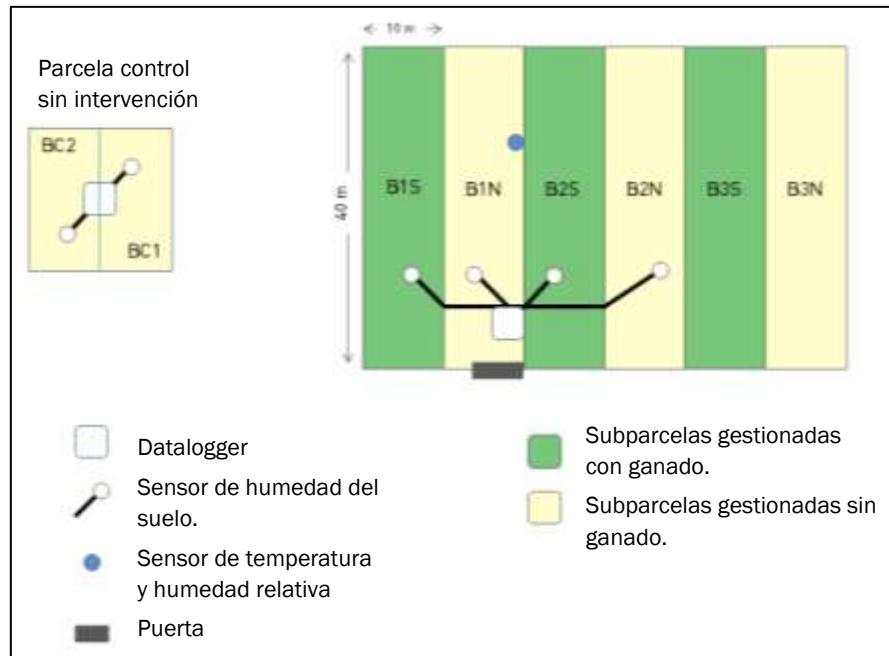


Figura 5. Red de seguimiento establecida en las parcelas de gestión forestal adaptativa (caso concreto del pinar de La Garcipollera, el resto de redes son similares, aunque cambia la forma y tamaño de las subparcelas).

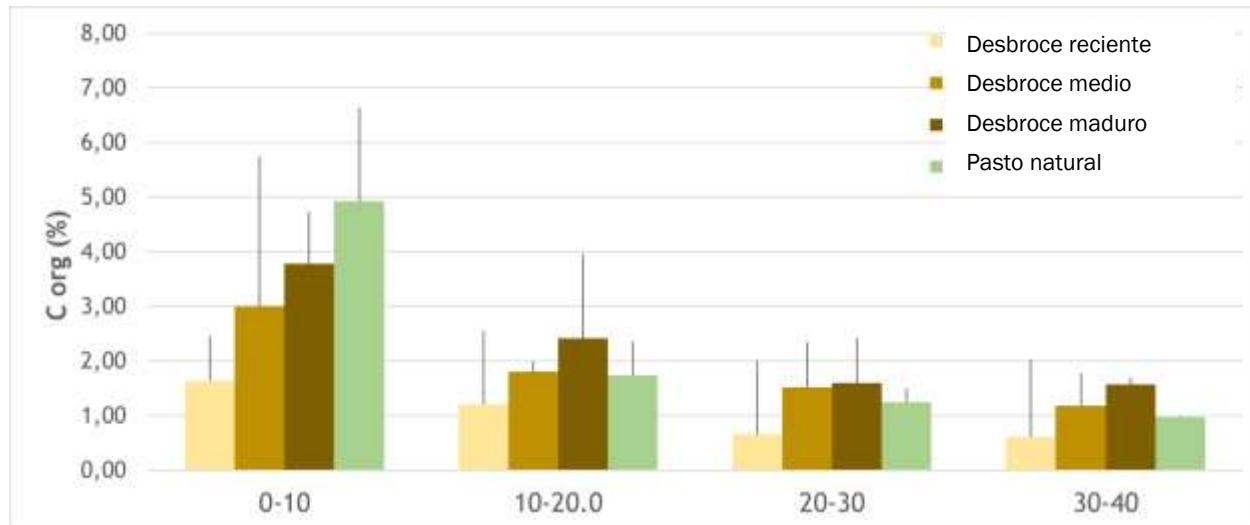


Figura 6. Resultados del proyecto MANMOUNT. Contenido de carbono orgánico (%) en función de la profundidad (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm) para diferentes desbroces y un pasto natural.

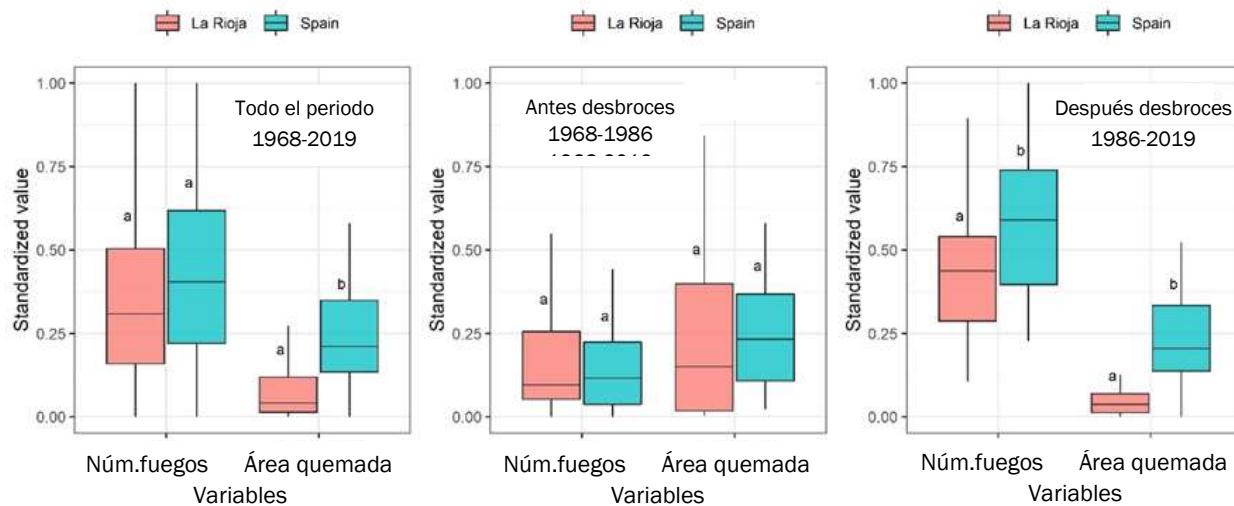


Figura 7. Número de fuegos y área quemada en La Rioja (rosa) y España (azul) entre 1968 y 2019 (izquierda), antes de la entrada en vigor del plan de desbroces de La Rioja (1968-1986, medio) y después de la entrada en vigor del plan (1986-2019, derecha). Fuente: LASANTA et al. (2018).