

INFORME DE ACCIÓN PILOTO

Aplicación de una gestión forestal adaptativa como herramienta para reducir el riesgo de incendio y sequía en encinares de media montaña



Interreg
Sudoe
MONTCLIMA



Autores: Lúdia Guitart Xarpell (Associació de propietaris del Montnegre i el Corredor), Diana Pascual Sánchez (CREAF), Eduard Pla Ferrer (CREAF).

Cita bibliográfica: Guitart L., Pascual D., Pla E. (2022) Informe de acción piloto: Aplicación de una gestión forestal adaptativa como herramienta para reducir el riesgo de incendio y sequía en encinares de media montaña. Proyecto Interreg Sudoe MONTCLIMA.

Contenido

1	¿Por qué esta prueba piloto?	1
2	¿Qué proponemos?	2
3	¿Dónde trabajamos?	3
4	¿Qué actuaciones se han llevado a cabo?.....	7
4.1	¿Cuál era el estado inicial de la zona de trabajo?	7
4.2	¿Qué actuaciones concretas se han llevado a cabo?	9
4.3	¿Qué seguimiento proponemos?	14
5	¿Qué cambios se han producido en la prueba piloto? Principales resultados	19
5.1	Humedad del combustible	19
5.2	Decaimiento forestal (salud del bosque)	21
5.3	Vulnerabilidad al fuego de copas	22
6	Conclusiones.....	25
7	Referencias.....	26

1 ¿Por qué esta prueba piloto?

MONTCLIMA es un proyecto cofinanciado por el programa INTERREG SUDOE el cual se basa en aprovechar y poner en valor las mejores estrategias y herramientas detectadas de **diagnóstico, prevención y gestión de riesgos, integrando el componente del cambio climático**. El objetivo del proyecto es elaborar e implementar una **estrategia transnacional para reforzar la resiliencia de los territorios del SUDOE**, basándose en el aprovechamiento y en la capitalización de experiencias exitosas y replicándolas en zonas de montaña del SUDOE.

Para ello, MONTCLIMA recopila las mejores prácticas de gestión y prevención de riesgos naturales, elige aquellas más exitosas y las replica en zonas de montaña representativas o de especial interés en el espacio SUDOE a través de pruebas piloto de gestión. Con estas pruebas, se pretende traducir los ejes estratégicos locales de cada emplazamiento en acciones concretas. Asimismo, las pruebas piloto proporcionan resultados de las prácticas implementadas permitiendo valorar su efectividad, así como la introducción de posibles mejoras.

En el proyecto MONTCLIMA se contempla la puesta en marcha de 5 pruebas piloto de prevención y gestión de riesgos naturales:

1. Valoración de la erosión en viñedos en pendiente comparando el uso de cubiertas vegetales con el laboreo tradicional (País Vasco).
2. Evaluación del impacto de los incendios forestales sobre los riesgos erosivo y torrencial (Francia, Pirineos Orientales).
3. Diagnóstico y planificación multi-riesgo a escala municipal (Francia, Pirineos Occidentales).
4. Prevención de riesgo de incendios forestal y mejora de la función protectora del bosque frente la erosión y los movimientos torrenciales o deslizamientos (Andorra).
5. **Aplicación de una gestión forestal adaptativa como herramienta para reducir el riesgo de incendio y sequía en encinares de media montaña (Cataluña).**

Este documento se centra en la evaluación de la quinta prueba piloto implementada, basada en la aplicación de gestión forestal adaptativa para la reducción del riesgo de incendio y sequía. Así, se describen las características de la prueba piloto, su implementación y los resultados obtenidos.

2 ¿Qué proponemos?

La prueba piloto propuesta se centra en la implementación de una **gestión forestal adaptativa al cambio climático aplicada en encinares mediterráneos con alto riesgo de incendio** con el objetivo de reducir este riesgo. Asimismo, se promueve el mantenimiento de los tratamientos a través de silvopastoralismo, potenciando, así, la sostenibilidad de la gestión forestal aplicada a medio-largo plazo. Esto se traduce en la realización de las siguientes actuaciones concretas:

1. Desarrollo de un **tratamiento selvícola** que permita la reducción de la vulnerabilidad de la masa forestal frente los incendios. El tratamiento selvícola a desarrollar consiste en:
 - Entresaca: sobre las especies arbóreas procurando una selección de árboles de todas las edades y potenciando aquellos mejor conformados y vitales.
 - Resalveo: selección de brotes jóvenes de especies de porte arbóreo como la encina o el roble.
 - Desbroce selectivo: sobre las especies arbustivas, realizando un resalveo de aquellas de porte arbóreo. Se penalizan las especies más pirófitas y se mantienen/potencian aquellas interesantes a nivel de biodiversidad (proporción de frutos o refugio).
2. Zona **control** sin actuar donde se pretende comparar los diferentes parámetros del seguimiento del tratamiento selvícola.
3. Mejora de los **recursos forrajeros** de la zona piloto para favorecer el pastoreo de esa zona concreta y así mantener el efecto de las actuaciones selvícolas a lo largo del tiempo, aprovechando la presencia de un rebaño mixto de oveja y cabra que pastorea intermitentemente la finca. Esta mejora se realiza a través de las dos acciones siguientes:
 - Creación de una zona adhesada: se trata de dos antiguas plantaciones de pino marítimo (*Pinus pinaster*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*) en las cuales se ha realizado una corta a hecho por motivos sanitarios (presencia de *Matsococcus feytaudii* en el pinar de pino marítimo y árboles afectados por vendavales en el pinar de pino carrasco). En la corta se respetaron los pies existentes de encina con la intención de obtener a la larga una zona adhesada para el ganado. Con ello se crea una zona abierta interesante para la prevención de incendios que es necesario mantener. Como parte de las actuaciones del proyecto SUDOE MONTCLIMA, para mejorar los recursos forrajeros de esta zona, se llevó a cabo la eliminación de restos mediante quemas dirigidas, realizando una quema de los restos en zonas donde no hay vegetación arbórea.
 - Fomento del silvopastoralismo en la zona dónde se ha realizado el tratamiento selvícola. Al realizarse el tratamiento se mejora la transitabilidad y pone a disposición del ganado el recurso forrajero. Así, el paso del ganado por estas zonas permite mantener la estructura obtenida por el tratamiento a lo largo del tiempo.

Estas actuaciones se emplazan en una zona estratégica para la reducción de la propagación del incendio siendo claves para la prevención de incendios a nivel del macizo donde se ubica.

Asimismo, todas las actuaciones se encuentran contempladas en el instrumento de ordenación forestal de la finca, el Plan Técnico de Ordenación y Mejora Forestal (PTGMF).

3 ¿Dónde trabajamos?

La prueba piloto se ubica en el macizo del Montnegre-Corredor, situado en la Cordillera Litoral Catalana, comprendiendo una superficie de 45.323 ha, de las cuales 33.176 ha son forestales y 14.711 ha se encuentran bajo la protección especial del Parque Natural del Montnegre-Corredor. El macizo afecta a 22 municipios en los que habitan aproximadamente 300.000 habitantes. Asimismo, se encuentra delimitado por dos ejes de transporte paralelos que enlazan Barcelona y Girona (AP7, C32), el río Tordera y la autovía C60 (Figura 1).

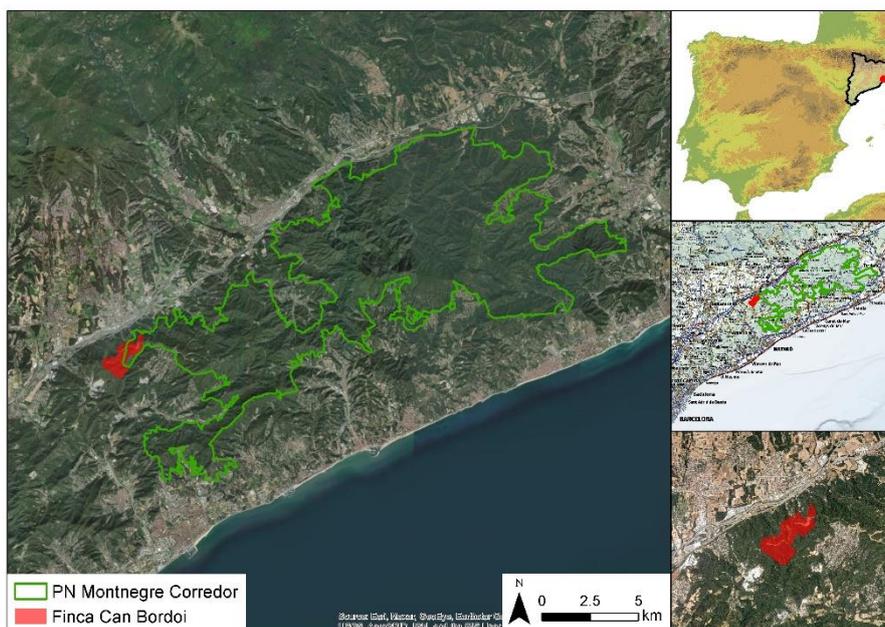


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. En verde los límites del Parque del Montnegre-Corredor. En rojo el contorno de la finca donde se ubica la prueba piloto.

El Montnegre-Corredor es un macizo mediterráneo, con características subhúmedas en sus partes más altas, de substrato silicio (granitos y leucogranitos), caracterizado por fuertes pendientes (30-60%) y dos vertientes de características muy diferenciadas: interior (de mayor tradición selvícola, fincas medianas y dominado por la encina y el alcornoque); y costa (fincas pequeñas, antiguamente agrícolas y actualmente muy urbanizadas, poca tradición forestal, dominadas por el pino piñonero).

Cabe destacar que el conjunto del Montnegre-Corredor y concretamente la zona de la acción piloto ha sufrido importantes **afectaciones de plagas**. Por un lado, los pinares de la zona se encuentran en un estado de decaimiento generalizado derivado de la interrelación de un conjunto de factores tales como la orografía, gestión forestal de la zona, episodios de sequía reiterados, etc. Este debilitamiento desencadenó una fuerte afectación del escoltido *Tomicus destruens* sobre el pino piñonero (*Pinus pinea*) durante los años 2015-2018 provocando la muerte de muchos de ellos. Asimismo, el pino marítimo se encuentra afectado por el insecto picador-chupador *Matsococcus feytaudii* que lo debilita e incrementa su vulnerabilidad a los escoltidos. Para controlar ambas plagas, estos últimos años se ha procedido a la realización de

cortas sanitarias y de mejora. Por otro lado, durante el periodo 2018-2020, el macizo sufrió una fuerte defoliación provocada por *Lymantria dispar* afectando especialmente encina y alcornoque. La zona de la prueba piloto ha sufrido estas plagas, destacando especialmente el episodio de defoliación provocada por *Lymantria* el 2020 después de haber realizado los tratamientos piloto.

A nivel de **prevención de incendios**, el macizo forma parte del perímetro de protección prioritaria B3 Sierras del Montnegre y el Corredor. Aunque a fecha de hoy no se dispone de planificación asociada donde se desglosen las Áreas Estratégicas y Complementarias del macizo, sí se dispone de la zonificación de Áreas de Gestión Prioritaria (AGP) desarrolladas por la Diputación de Barcelona (Figura 2).

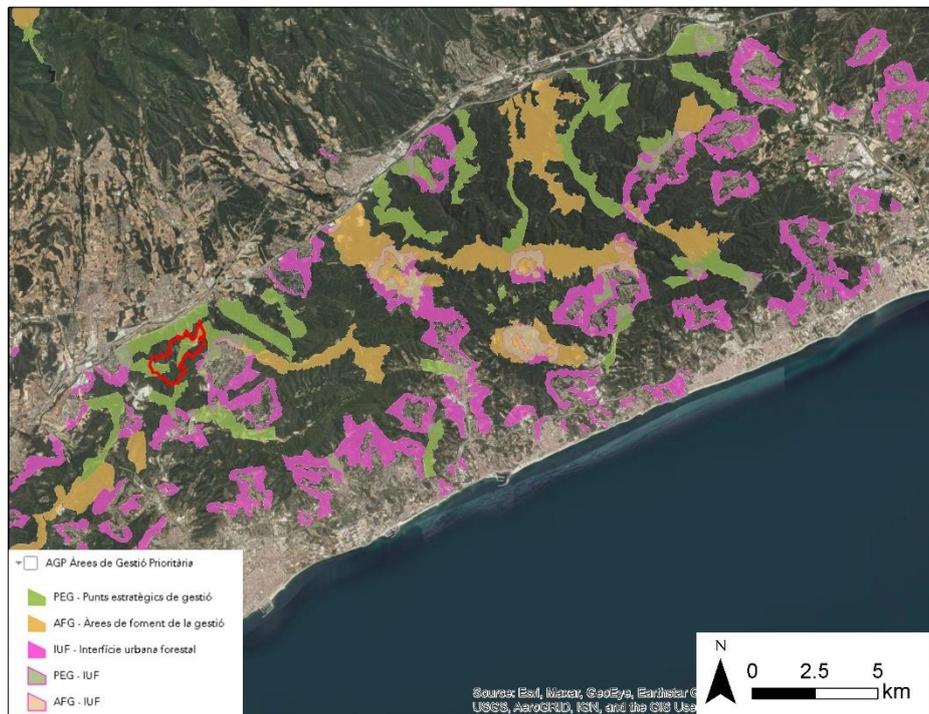


Figura 2. Áreas de gestión prioritaria (AGP) del macizo del Montnegre-Corredor definidas por la Diputación de Barcelona: Puntos Estratégicos de Gestión (verde), Áreas de Fomento de la Gestión (naranja) y zonas de Interfaz Urbano-Forestal (lila). En rojo se encuentra el contorno de la finca dónde se desarrollan las pruebas piloto.

La prueba piloto se localiza en la finca de Can Bordoi, con una superficie de 214 ha, situada en el término municipal de Llinars del Vallès (Figura 3). Se trata de una zona clave para la prevención de incendios ya que se ubica en un Área de Gestión Prioritaria (AGP), más concretamente en un Punto Estratégico de Gestión (PEG), es decir, en una zona en la que la modificación del combustible i/o preparación de infraestructuras permiten al servicio de extinción ejecutar maniobras de ataque seguras que reduzcan el avance de un gran incendio forestal.

Asimismo, el PEG donde se encuentra la acción piloto se ubica en el oeste del macizo de manera que, en caso de un gran incendio forestal que provenga del oeste y que sería el más probable

en la zona, podría bajar la intensidad del fuego facilitando las tareas de extinción de los bomberos, teniendo un efecto protector sobre el conjunto del macizo del Montnegre-Corredor.

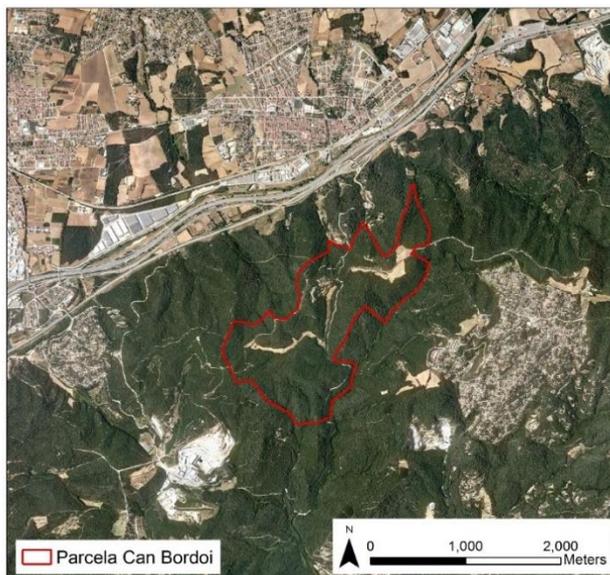


Figura 3. Localización de la finca Can Bordoï, en el municipio de Llinars de Vallès, al Norte de Barcelona.

Además de su ubicación estratégica para la prevención de incendios, dónde es necesaria la realización de un tratamiento forestal, la finca ha sido escogida por los siguientes motivos:

- Buena disposición de la propiedad a realizar las actuaciones.
- Buena disposición del ganadero que pastorea la zona para pastar en la zona de actuación a corto y medio plazo.
- Parte de la finca forma parte de un PEG para la prevención de incendios, y se trata de una zona en la cual es necesaria la realización de una actuación forestal de mejora.
- En el momento de las actuaciones está prevista la creación de dos espacios abiertos derivados de cortas a hecho por motivos sanitarios a los que se les pretende dar un uso silvopastoral. Estas zonas, juntamente con los campos ya existentes en la finca, ayudan a formar un mosaico agro-forestal dentro del PEG, permitiendo reducir el riesgo de incendio.
- De fácil acceso y próxima a Barcelona, facilitando la realización de visitas guiadas para la difusión y replicabilidad de los resultados.

Dentro de las 214 ha de superficie de la finca, las pruebas piloto se han llevado a cabo en el extremo suroeste, dónde se sitúa la zona PEG. Las pruebas se distribuyen en 3 zonas distintas, en función del tipo de actuación a realizar (Figura 4):

- Una parcela de 5,4 ha donde se han llevado a cabo los **tratamientos selvícolas** (entresaca, resalveo y desbroce selectivo) con el objetivo de reducir la vulnerabilidad del macizo a los incendios.
- Una **parcela control** de 1,87 ha donde no se realiza ninguna actuación y que servirá para comparar los diferentes parámetros de seguimiento.

- Una parcela de 4,7 ha de **mejora de recursos forrajeros** para el mantenimiento de espacios abiertos que dificulte el avance del fuego. Se trata de una zona donde la Asociación de Propietarios del Montnegre-Corredor ha realizado cortas sanitarias eliminando los pinos afectados por plagas y vendavales y favoreciendo la recuperación del encinar creando una dehesa. En esta zona, el proyecto SUDOE MONTCLIMA ha realizado la eliminación de restos de corta para favorecer la aparición espontánea de especies herbáceas.

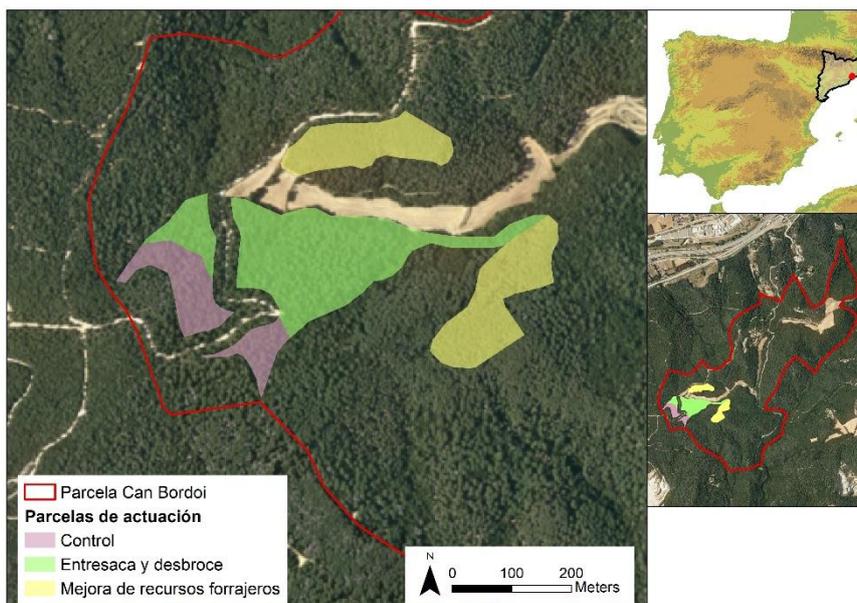


Figura 4. Delimitación de las parcelas de actuación dentro de la finca de Can Bordoi. Zona de entresaca y desbroce en verde, zona control en lila y zona de mejora de los recursos forrajeros en amarillo.

4 ¿Qué actuaciones se han llevado a cabo?

4.1 ¿Cuál era el estado inicial de la zona de trabajo?

4.1.1. Zona donde se lleva a cabo el tratamiento selvícola

En la zona piloto donde se desarrolla el tratamiento selvícola, no se ha realizado ninguna actuación forestal en los últimos 20 años. Aunque la finca dispone de instrumento de ordenación forestal (PTGMF num. 125) no se han ejecutado las actuaciones planificadas que afectan a la zona de estudio. Asimismo, se trata de una zona con importante uso recreativo, especialmente de ciclistas que han abierto pequeños senderos en zonas próximas.

La formación forestal que se desarrolla en la zona se compone de un encinar con pies dispersos de alcornoque y pequeños bosquetes de pino piñonero; y sotobosque de brezo y madroño de porte arbóreo. La presencia de encina es variable, siendo distribuida en bosquetes de mayor densidad y otros con mayor presencia de brezo y madroño (Figura 5).



Figura 5. Encinar de la prueba piloto antes de la actuación selvícola.

A continuación, se muestran los resultados de los inventarios forestales previos (ver metodología en el apartado 4.3). Cabe destacar que los pies de brezo y madroño inventariables, aún y tratarse de especies arbustivas, se han tenido en cuenta en el inventario forestal. Los datos muestran una **elevada fracción de cabida cubierta (FCC, 84%)**, **alta densidad (1.122 pies/ha)** y **área basimétrica (25,3 m²/ha)** y **con un riesgo de fuego de copas moderado-alto** (Tabla 1). Los inventarios forestales previos a la actuación han sido realizados entre enero y febrero de 2020 (Figura 6).

Parcela de inventario	Fracción de cabida cubierta (%)	Densidad (Número de pies/ha)	Área basimétrica (m ² /ha)	Diámetro normal (cm)	Altura media (m)	Modelo de continuidad combustible	Vulnerabilidad al fuego de copas
Control 1	75	955	27,2	15,4	6,7	B9	Moderada
Control 2	80	1.464	36,4	16,5	7,9	A3	Alta
Control 3	80	1.178	23,4	14,0	8,0	B3	Moderada
Tratamiento 1	80	859	22,1	15,2	7,2	B3	Moderada
Tratamiento 2	90	1.496	30,3	15,8	9,5	B9	Moderada
Tratamiento 3	90	665	22,2	14,2	6,3	B3	Moderada
Tratamiento 4	80	1.114	27,9	16,0	7,9	B10	Moderada
Tratamiento 5	100	1.241	13,2	10,0	6,6	B3	Moderada

Tabla 1. Resumen de las variables de inventario realizado en febrero y marzo de 2020.



Figura 6. Parcelas del inventario forestal previo.

4.1.2. Zona donde se lleva a cabo la mejora del forraje

Se trata de dos plantaciones, una de pino marítimo (1,87 ha) afectada por *Matsococcus feytaudii* y otra de pino carrasco (2,39 ha) afectada por vendavales; ambas con un sub-estrato de encinas jóvenes distribuidas por bosquetes. La Asociación de Propietarios Forestales del Montnegre-Corredor (APMC) realizó durante junio de 2020 una corta sanitaria donde se extrajeron todos los pies de pino de ambas parcelas debido al mal estado sanitario. Las encinas del subvuelo se preservaron con la intención de crear una zona adhesada. Finalmente se realizó un desbroce selectivo sobre el estrato arbustivo de brezo y madroño, implementando un resalveo en las cepas arbustivas de portes más arbóreos (Figura 7).



Figura 7. Zona de pastoreo previa y posterior a la actuación forestal de la APMC.

Por motivos sanitarios se extrajeron los árboles con copa entera y se apilaron para la posterior trituración “in situ” con destino a biomasa, de manera que la mayoría de restos de corta de pinar se concentraron alrededor de estas pilas. La trituración de estos acopios se realizó en diciembre de 2020 debido a problemas de accesibilidad.

4.2 ¿Qué actuaciones concretas se han llevado a cabo?

4.2.1. Tratamiento selvícola

El tratamiento selvícola realizado en la prueba piloto tiene por **objetivo reducir la vulnerabilidad de la masa forestal a los incendios forestales** a partir de la mejora de su resistencia y resiliencia a perturbaciones, aumentando la complejidad de su estructura y composición. Así, se pretende que el tratamiento incida en los siguientes aspectos de prevención de incendios:

- Conseguir una estructura con una menor vulnerabilidad al fuego de copas reduciendo la continuidad de combustible.
- Modificar de la cantidad y disposición de combustible disponible.
- Incrementar la complejidad del bosque para favorecer su resiliencia después del incendio: fomentar los bosques mixtos y variedad de estructuras.
- Reducir la competencia y el estrés hídrico.
- Mantener el ambiente de media sombra, evitando insolaciones directas que pueden provocar estrés hídrico y fuerte rebrote, con FCC altas.
- Reducir la posibilidad de que los incendios constituyan grandes incendios forestales.

Para ello, se pretende aplicar el modelo selvícola de gestión de encinares desarrollado por la APMC (Guitart y Rosell, 2014), el cual se basa en una modificación de los modelos de encinares definidos en las Orientaciones de gestión forestal sostenible para Catalunya (ORGEST) (Vericat et al, 2011) para adaptarla a las características del macizo. Además, se incorporan criterios para la gestión adaptativa al cambio climático de bosques mixtos submediterráneos (Coello et al, 2022).

Finalmente, se aplica un **modelo de gestión irregular caracterizado por la realización de entresacas suaves y frecuentes**. En este modelo se considera que la aplicación de un tratamiento es necesaria cuando se alcanza al menos 25 m²/ha de área basimétrica, lo que habitualmente sucede en el macizo cada 10 años (periodo de rotación), situación en la que se encuentra el rodal de estudio.

De este modo, el tratamiento selvícola implementado consta de las siguientes actuaciones:

1. **Entresaca:** se realiza una entresaca suave en los bosquetes de encina y los bosquetes de pino piñonero de mayor densidad, siguiendo los siguientes criterios:
 - Selección de los pies más vigorosos y vitales de todas las edades: estables, copa vital y equilibrada, corteza lisa, etc.
 - Potenciación de las especies secundarias o acompañantes, favoreciendo la biodiversidad. Especial fomento de árboles de grandes dimensiones para la producción de semilla.
 - Potenciación de la discontinuidad vertical entre estratos a través de la extracción de pies.
 - Se favorece el repartimiento homogéneo y los pies originarios de semilla.
 - Se asegura la presencia de regenerado y de pies de clases más jóvenes abundante y repartida por toda la superficie.
 - Área basal: se procura mantener un área basal restante igual o superior a 20 m²/ha y una reducción máxima del 25%.
 - Mantener una FCC residual alta: 70-80%

En la Tabla 2 se muestra la curva ideal de la entresaca implementada.

CD	Densidad (pies/ha)	Área basimétrica (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Espaciamiento (m)
10	450	3,5	9,1	5,1
15	250	4,4	13,0	6,8
20	190	6,0	18,8	7,8
25	80	3,9	13,1	12,0
30	25	1,8	7,3	21,5
35	10	1,0	4,4	34,0
TOTAL	1.005	20,6	65,7	3,4

Tabla 2. Curva ideal de la entresaca implementada.

2. **Resalveo:** se realiza un resalveo sobre los brotes jóvenes de quercíneas con el objetivo de reducir la competencia de recursos, concentrando el crecimiento en los pies mejor desarrollados y posicionados. Se seleccionan entre 1 y 3 rebrotes por cepa.
3. **Desbroce selectivo:** se realiza un desbroce selectivo con el objetivo de disminuir la competencia a nivel arbustivo con la regeneración arbórea, favorecer determinadas especies arbustivas con valor para la biodiversidad y modificar la estructura vertical y horizontal de los estratos de combustible para reducir la vulnerabilidad frente a incendios. Se trata de una eliminación parcial del estrato arbustivo teniendo en cuenta los criterios siguientes:
 - FCC matorral: < 30%.

- Altura: < 1,3 m.
- Resalveo sobre matorral de porte arbóreo como el brezo y el madroño, manteniendo los mejor desarrollados y posicionados (1-3 rebrotes/cepa).
- Penalización de especies inflamables y potenciación de especies de protección y/o alimento para la fauna.

La implementación de la gestión forestal fue subcontratada a la APMC y realizada entre los meses de febrero y junio de 2020. Se realizó una parte de la actuación antes de la pandemia del COVID19, pero tuvo que ser paralizada antes de su consecución y pospuesta hasta junio de 2020, cuando se retomaron y acabaron los trabajos. En la Figura 8 se muestra el estado de la zona después de haber realizado el tratamiento selvícola.



Figura 8. Estado del encinar de Can Bordoi después de la actuación de gestión forestal.

Una vez finalizada la actuación, a finales de junio de 2020, se repitieron los inventarios forestales en todas las parcelas de tratamiento con el objetivo de caracterizar la actuación y establecer el punto inicial de las campañas de seguimiento (ver metodología en el apartado 4.3). Estaba previsto realizar los inventarios entre marzo y mayo de 2020, pero a causa del COVID19, el retraso en la implementación de la gestión forestal y la dificultad para ir a campo, se retrasaron las mediciones. Además, a principios de junio el encinar sufrió un ataque muy fuerte de *Lymantria dispar*, que llenó de orugas todos los árboles y provocó la pérdida de todas las hojas, haciendo imposible el tránsito y la toma de datos de campo.

Una vez realizados los inventarios post-actuación, los datos de campo han sido analizados, permitiendo caracterizar la actuación realizada (Tabla 3). En cuanto a la estructura del bosque, el **tratamiento ha implicado la reducción de un 14% la fracción cabida cubierta, un 19% la densidad y un 8% el área basimétrica**. La principal intervención se ha realizado sobre la vegetación acompañante y el matorral, donde se ha reducido un **77% el recubrimiento matorral y un 97% el biovolumen de combustible**. Esta actuación ha permitido pasar de una vulnerabilidad al fuego de copa moderada-alta antes de la actuación (A3-B3-B9) a una moderada después del tratamiento (B14-15), pero se espera que a medida que los restos de corta se integren en el suelo y se degraden se pase a una vulnerabilidad más baja.

Parcela de inventario	Fracción de cabida cubierta (%)	Densidad (Número de pies/ha)	Área basimétrica (m ² /ha)	Diámetro normal (cm)	Altura media (m)	Modelo de continuidad combustible	Vulnerabilidad al fuego de copas
Tratamiento 1	60	605	20,5	13,2	7,2	B15	Moderada
Tratamiento 2	90	1.241	28,6	16,1	9,5	B14	Moderada
Tratamiento 3	80	509	20,1	14,1	6,3	B14	Moderada
Tratamiento 4	75	1.114	27,9	16,0	7,9	B14	Moderada
Tratamiento 5	75	891	9,7	10,0	6,6	B14	Moderada

Tabla 3. Resumen de las variables de inventario post-actuación realizado en junio de 2020.

Respecto a los costes e ingresos derivados del tratamiento selvícola aplicado (Tabla 4) se observa que los **costes son más del doble que los ingresos**, debido especialmente al desbroce, muy costoso dada la densidad inicial del matorral. Con ello, **la actuación supone un balance de 5.722,68 € de coste**. No obstante, al mantener el ambiente de media sombra que impida el fuerte rebrote y al fomentar el silvopastoralismo en la zona, se espera que los efectos sobre el estrato arbustivo se mantengan a lo largo del tiempo reduciendo los costes de los tratamientos futuros.

Concepto	Cantidad extraída (tn/ha)	Total (tn, ha, horas, etc.)	Unidades	Importe unitario (€/ut)	Ingresos	Costes
Leña encina	10,54	56,94	tn	68	3.871,92	
Leña roble	0,93	5,00	tn	51	255,00	
Transporte	12,21	65,94	tn	- 16		- 1.055,04
Desbroce		5,40	ha	- 1.100		- 5.940,00
Corta	12,21	65,94	tn	- 24		- 1.582,56
Arreglo de accesos		5,00	horas	- 60		- 300,00
Seguimiento técnico		5,40	ha	- 180		- 972,00
Total					4.126,92	- 9.849,60
Balance						- 5.722,68

Tabla 4. Resumen de los costes e ingresos derivados de la aplicación del tratamiento selvícola

4.2.2. Mejora de forraje

El proyecto SUDOE MONTCLIMA propone la mejora de los recursos forrajeros de las zonas abiertas creadas después de la corta sanitaria, para facilitar su mantenimiento mediante pastoreo. Mediante la creación y mantenimiento de zonas abiertas se promueve la diversidad de estructuras y composición del paisaje incidiendo en los siguientes puntos a nivel de prevención de incendios:

- Cambio de comportamiento del incendio
- Detención de su expansión.

Para ello, se llevó a cabo la **eliminación de restos de corta**, mediante quemas dirigidas en las zonas donde no existía vegetación arbórea (Figura 9a). Éstas se concentran alrededor de las zonas donde se encontraban las zonas de acopio de árboles enteros para la posterior trituración “in situ”, afectando a un total de 8 zonas concretas. En estas zonas se acumularon los restos de hojas y ramas, así como restos de corta no triturables. Estos restos se movieron a las zonas más compactadas, en las que se situó la máquina trituradora durante el proceso de trituración, con el objetivo que la quema mejorara el suelo de estas zonas. Una vez retirados los restos de corta, se esperó a la regeneración natural de **vegetación herbácea espontánea** durante la primavera del 2021, observando una cantidad destacable de especies forrajeras palatables con una buena proporción de gramíneas y leguminosas que muestran la viabilidad de esta zona para el pasto (Figura 9b).

Las actuaciones sobre pastos también fueron implementadas por la Asociación de Propietarios del Montnegre y el Corredor. Los restos se amontonaron en pilas con el objetivo de quemarlas antes de la primavera de 2021. Sin embargo, la primavera de 2021 fue tan húmeda que no se pudo realizar la quema. Este hecho, junto con el elevado tamaño de las pilas, su localización y la disponibilidad de la cuadrilla, hizo que la quema se realizara finalmente en invierno de 2022. La quema la realizaron 3 operarios especializados siendo necesarios dos días para controlar la extinción de la misma (debido a la mezcla de restos con la tierra que dificultaba la extinción del fuego) (Figura 9a).



Figura 9. a) Eliminación de restos mediante quema, b) zona de pastos en primavera de 2021.

En la Tabla 5 se muestran los costes derivados de la eliminación de restos y la siembra. Los costes de la quema de restos habitualmente son más bajos. El incremento es debido a la presencia de tierra que complicó la extinción del fuego.

Concepto	Total (tn, ha, horas, etc.)	Unidades	Importe unitario (€/ut)	Costes (€)
Eliminación de restos	4,27	ha	- 566	- 2.416,82
Arreglo de taludes	5,00	horas	- 60	- 300,00
Seguimiento técnico	4,27	ha	- 100	- 427,00
Total				- 3.143,82

Tabla 5. Resumen de los costes derivados de la mejora del forraje en la zona abierta.

4.3 ¿Qué seguimiento proponemos?

Para la evaluación de las experiencias piloto se ha diseñado una red de seguimiento que permita cuantificar las actuaciones a lo largo del tiempo y la comparación con su estado inicial. El objetivo del seguimiento es **evaluar la eficiencia de las acciones piloto para mejorar la capacidad de adaptación del encinar para enfrentar las amenazas del cambio climático**, principalmente el **riesgo de incendios, la sequía y la afectación por enfermedades o patógenos**.

La campaña de seguimiento estaba prevista iniciarse en mayo de 2020, abarcando tres veranos (2020-2021-2022) gracias a la prórroga concedida al proyecto. Debido a los retrasos ocasionados por la COVID19, la campaña se puso a punto en julio de 2020. A pesar del retraso, se pudieron obtener todos los datos necesarios para la campaña de 2020 y también se disponen de los resultados de la segunda y tercera, en 2021 y 2022.

El seguimiento se concentra en la zona de tratamiento selvícola sobre el encinar con el objetivo de parametrizar los cambios que suceden y evaluar su adaptación al cambio climático. Este seguimiento se compone de:

- Una red de **8 parcelas permanentes** dónde se llevan a cabo los inventarios pre y post actuación: 5 en la zona de tratamiento y 3 en la zona control.
- Una red de **sensores de humedad**.
- Una red de **sensores de temperatura del aire y de humedad relativa**.

En la Figura 10 se muestra la red de seguimiento instalada y en la Tabla 6 se recogen las variables de seguimiento.



Figura 10. Red de seguimiento instalada: Izquierda, parcelas permanentes señalizadas. Centro, dataloggers y sensores de humedad del suelo. Derecha, sensores de temperatura del aire y de humedad relativa.

Tipo de información / metodología	Variables medidas	Frecuencia de las medidas
Estructura forestal / Inventario forestal	Densidad de árboles Distribución clases diamétricas Altura media Biovolumen de sotobosque Regeneración	Inicial, post-actuación y anual (seguimiento)
Continuidad del combustible / riesgo de fuego de copas	Fracción de cabida cubierta (FCC) aérea (%) FCC combustible escala (%) FCC combustible superficial (%) Altura combustible superficial (m) Distancia entre combustible superficial y de escala o aéreo (m) Distancia entre combustible de escala y aéreo (m)	Inicial, post-actuación y final
Humedad del combustible / muestras de combustible	Contenido relativo de humedad (RWC)	Nueve medidas anuales durante el verano
Estado de salud del bosque / Clave de identificación de decaimiento forestal	Mortalidad (%) Defoliación (%) Decoloración (%)	Inicial, post-actuación y anual (seguimiento)
Humedad del suelo / Sensores	Contenido de agua del suelo (SWC)	Continuo
Temperatura y humedad relativa / Sensores	Temperatura y humedad relativa	Continuo

Tabla 6. Tipo de información, metodología, variables medidas y frecuencia de los inventarios previos, post-actuación y de seguimiento.

4.3.1. Parcelas permanentes

Se han realizado 8 parcelas de inventarios forestales, 5 en la zona de tratamiento y 3 en la zona de control. Las parcelas son circulares y de 10 m de diámetro, excepto una de las parcelas de tratamiento que, debido al bajo número de árboles presentes en la parcela, se amplió su radio a 20 m. La Figura 11 muestra la localización de las parcelas de inventario.

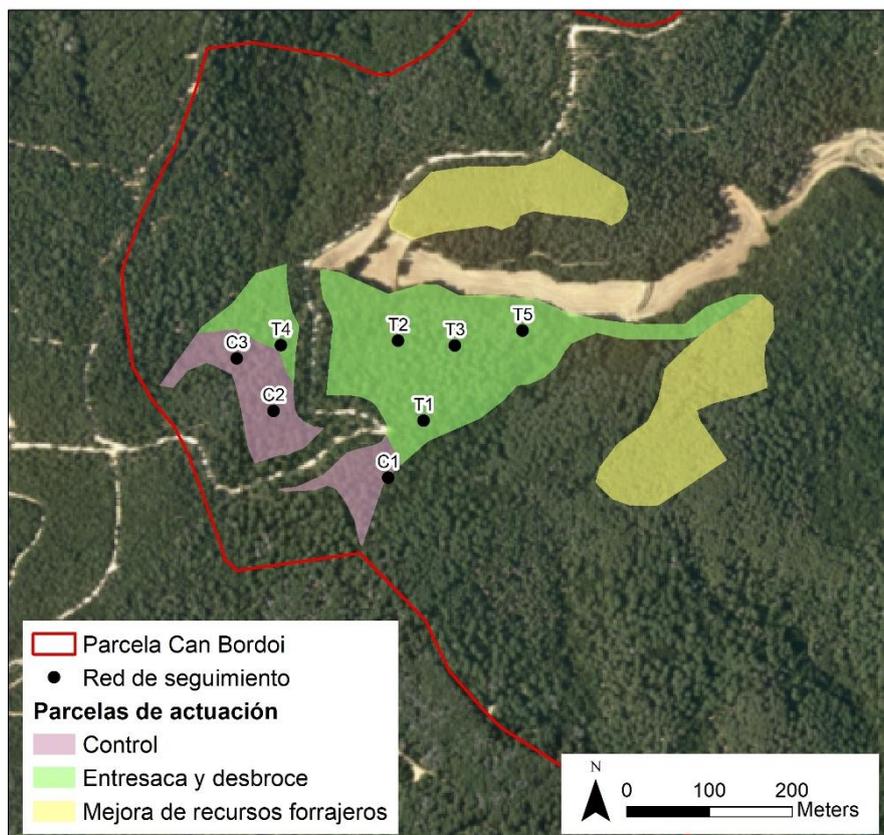


Figura 11. Localización de las parcelas de inventarios forestales dentro del área de actuación.

En las parcelas permanentes se realiza el seguimiento de las variables siguientes:

- **Estructura forestal:** a través de la realización de un inventario forestal en la que se obtienen las variables dasométricas que permiten caracterizar la masa forestal antes y después de las actuaciones. Estas variables son las siguientes: densidad, distribución de clases diamétricas, altura media, volumen del bosque y regeneración.
- **Continuidad de combustible:** La continuidad del combustible forestal se refiere a la distribución espacial y en altura de los diferentes estratos del combustible (aéreo, de escala o cobertura superficial), lo que tiene un efecto directo en la vulnerabilidad del bosque al riesgo de incendio por propagación del fuego. La continuidad del combustible forestal se monitorea con las siguientes metodologías:
 - **Biovolumen de combustible:** En 2 transectos de 10 m de longitud y 0,5 m de anchura por parcela en el sentido de máxima pendiente. Se crea un polígono de 10x0,5 m y se divide en cuadrados de 0,5x0,5 m. En cada cuadrado, se anota el porcentaje ocupado por cada tipo de cubierta (matorral, herbácea, hojarasca, piedras) y para el matorral se apunta la especie, el porcentaje de ocupación y la altura media. Con estos transectos se estima el recubrimiento de matorral y el biovolumen de combustible.
 - **Riesgo de propagación del fuego de copas** siguiendo la metodología del Manual CVFoC (Piqué et al. 2011). Se toman las siguientes medidas: Recubrimiento de combustible

de superficie (RCS, %); Recubrimiento de combustible de escala (RCE, %); Altura del combustible de superficie (m); Distancia entre combustible de superficie y de escala (si $RCE > 25\%$) (m); Distancia entre combustible de superficie y aéreo (si $RCE < 25\%$) (m); Distancia entre combustible de escala y aéreo (si $RCE > 25\%$) (m); y Fracción de cubierta del estrato aéreo (%). A partir de estos datos se obtiene el modelo de continuidad de combustible de la masa forestal (Figura 12) y la vulnerabilidad del fuego de copas.

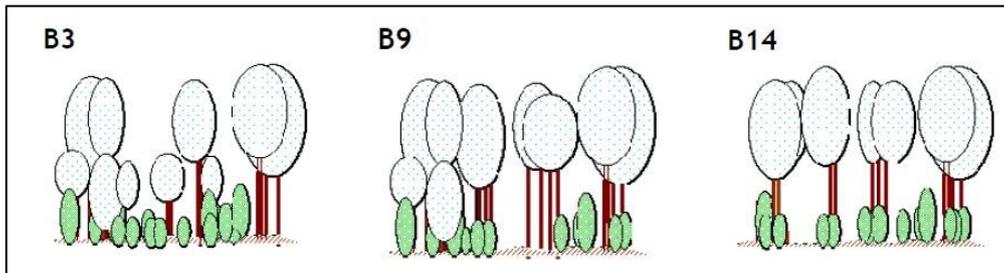


Figura 12. Gráfica de cómo son los modelos de continuidad de combustible según la metodología del Manual CVFoC (Piqué et al. 2011).

- **Humedad del combustible.** La humedad del combustible se refiere al contenido de agua presente en la vegetación durante la estación seca (verano). La humedad del combustible está relacionada con la inflamabilidad y combustibilidad de la vegetación y, como resultado, con el riesgo de incendio. Un mayor contenido de agua de la vegetación en períodos de elevado riesgo de incendio, se traduce en una menor inflamabilidad y combustibilidad de la vegetación. La humedad del combustible se mide con la siguiente metodología: En la zona de tratamiento y en la zona control, se recogen muestras de ramas de 10 árboles y 10 arbustos aleatorios, usando una pértiga. Las ramas se cortan de la parte más superior de la copa y con orientación norte. Las muestras se toman 9 veces al año, aproximadamente en las siguientes fechas: 1/5, 1/6, 15/6, 1/7, 15/7, 1/8, 15/8, 1/9 y 1/10. Las muestras se conservan en una caja fría hasta su procesamiento en el laboratorio. En el laboratorio, las muestras se pesan para obtener peso fresco (W). Después de esto, las muestras se secan en horno a 80 °C durante 24 horas y se pesan para determinar el peso seco (DW). Esto permite la determinación del contenido relativo de agua: $RWC (\%) = [(W-DW) / W] \times 100$.
- **Muestreo anual de decaimiento forestal (defoliación, decoloración y mortalidad):** El decaimiento forestal se refiere al estado del deterioro de los bosques debido a los efectos del cambio climático (principalmente sequías) u otras amenazas relacionadas (plagas, enfermedades...). El decaimiento forestal se define por el grado de defoliación, decoloración o mortalidad de los individuos del bosque. Usando una clave de campo, se evalúa el estado de decaimiento mediante la estimación visual del porcentaje de mortalidad de los árboles (copas secas), 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 hojas verdes en un árbol sano). El decaimiento del bosque se evalúa en 10 árboles por parcela de inventario forestal. Los árboles se marcan e identifican con una placa numérica para seguir la evolución de los mismos árboles a lo largo

del proyecto. El decaimiento forestal se evalúa antes de la actuación, después de la actuación y cada año en septiembre. Este método de identificación de campo se basa en el proyecto DEBOSCAT (Banqué et al, 2013) y la Red Española de Monitoreo Forestal (Nivel II www.magrama.gob.es).

4.3.2. Sensores de humedad

Se trata de una red de sensores de humedad distribuidos dentro de las parcelas para monitorear la evolución del agua en los primeros centímetros del suelo, como indicador de disponibilidad de agua para la vegetación y recuperación del funcionamiento del suelo. Estos sensores están formados por los siguientes instrumentos:

- **Registrador de datos de la estación meteorológica U30-NRC HOBO USB:** El registrador de datos o datalogger (DL) permite registrar los datos durante un período prolongado y se ha programado para tomar los datos cada hora. Se han instalado 4 DL en las parcelas de tratamiento y 2 DL en las parcelas control.
- **Sondas de humedad S-SMC M 005:** Estas sondas se entierran en el suelo, toman las medidas de humedad del suelo y se conectan al datalogger donde se registra la información. Las sondas, enterradas a 5 cm de profundidad, se insertan en un tubo corrugado para su protección, principalmente para evitar ser mordidas por el ganado y la fauna salvaje. Se han instalado 12 sondas en las parcelas de tratamiento y 8 sondas en las parcelas control.

4.3.3. Sensores de temperatura del aire y de humedad relativa

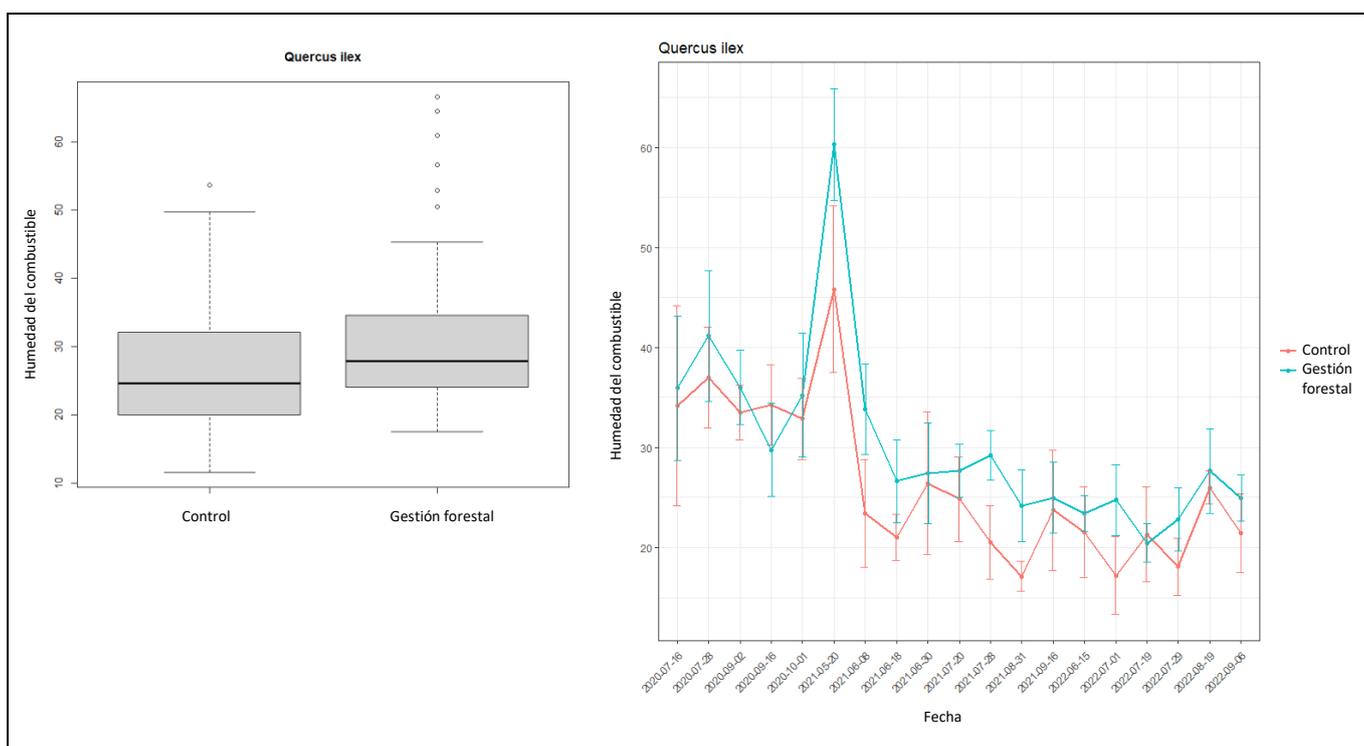
Se ha instalado una red de sensores de temperatura del aire y de humedad relativa para registrar en continuo las condiciones meteorológicas, clave para comprender la evolución de las variables previas a lo largo de la duración del proyecto. Con este objetivo, se han instalado 6 sensores de temperatura del aire y de humedad relativa en las parcelas. Son sensores HOBO Pro v2 (U23-001) de Onset Computer Corporation, que se ubican a 130 cm sobre el suelo y toman medidas en un intervalo de registro de 60 min.

5 ¿Qué cambios se han producido en la prueba piloto? Principales resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las diferentes campañas de seguimiento, realizadas en verano-otoño de 2020, 2021 y 2022.

5.1 Humedad del combustible

En primer lugar, se muestra el contenido de humedad de la principal especie arbórea (*Quercus ilex subsp ilex*, encina) y la principal arbustiva (*Erica arborea*, brezo) (Figura 13 y Figura 14). Se puede observar un **mayor y significativo contenido de humedad en las zonas donde se ha aplicado la gestión forestal, y esta diferencia es más evidente en los períodos de elevado riesgo de incendio (verano)**. Este mayor contenido de humedad se traduce en una menor inflamabilidad y combustibilidad de la vegetación.



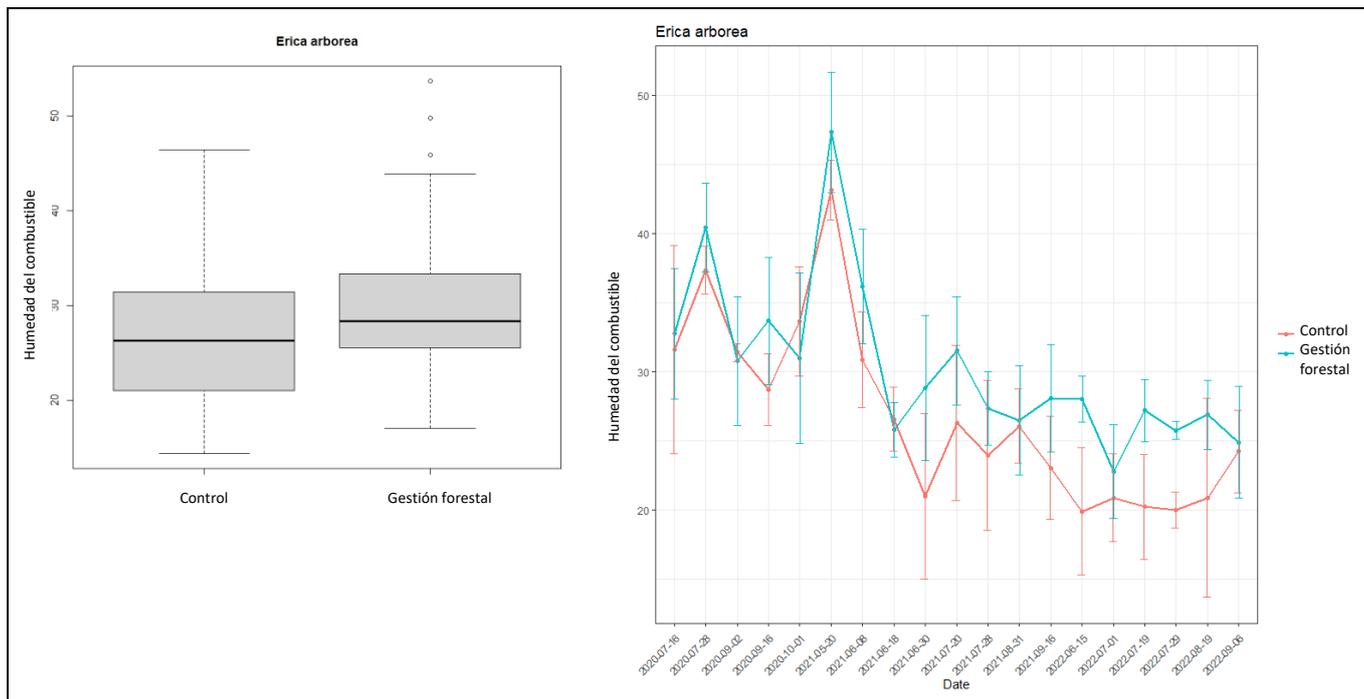


Figura 13. Contenido de humedad del combustible para la encina (parte superior) y el brezo (parte inferior), agrupado por tratamiento o control (izquierda) y desglosado a lo largo del verano de 2020, 2021 y 2022 (derecha).

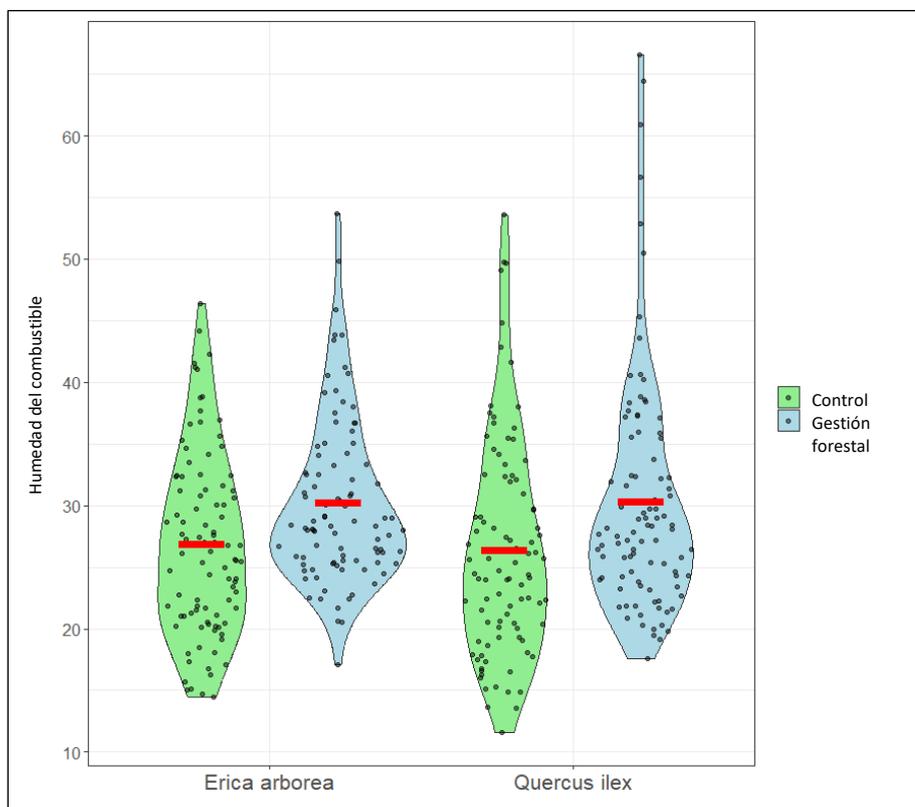


Figura 14. Diagrama de violín del contenido de humedad del combustible para la encina y el brezo, comparando los datos por tratamiento y control a lo largo del periodo de seguimiento.

5.2 Decaimiento forestal (salud del bosque)

Los resultados del muestreo de decaimiento forestal muestran un impacto similar de los efectos del lepidoptero *Lymantria dispar* en todas las parcelas en 2020 (Figura 15, izquierda). **El ataque de la plaga en 2020 fue tan extenso que provocó una elevada defoliación de todas las encinas y alcornoques presentes**, e incluso afectó al brezo, hecho muy inusual. En 2021 y 2022, el muestreo del decaimiento forestal mostró una afección incluso mayor en todas las parcelas de inventario (Figura 14), indicando que **la masa forestal no ha podido recuperarse del ataque anterior y que se ha agravado notablemente con la sequía de 2021-22**. Habrá que esperar a que pasen varios años para ver qué zonas se recuperan mejor, si las tratadas o las control.

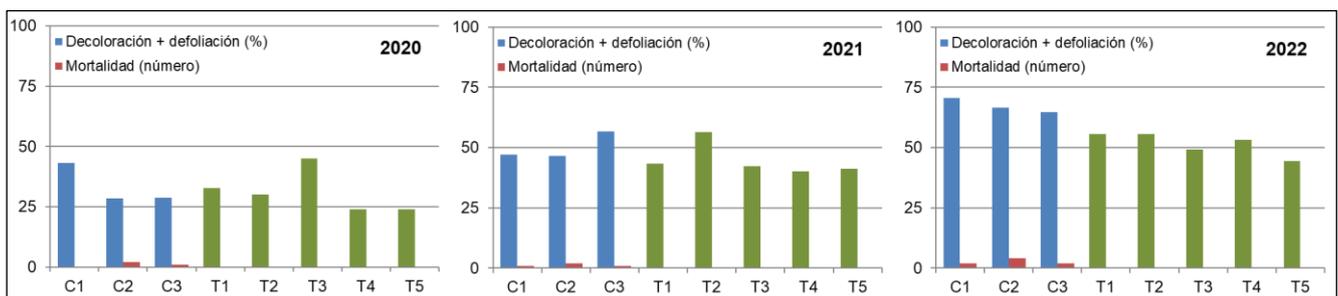


Figura 15. Porcentaje de decoloración y defoliación en todas las parcelas en 2020, 2021 y 2022.

La Figura 16 muestra que el **decaimiento es superior significativamente en las parcelas control** en los tres muestreos (2020, 2021 y 2022), aunque **la pendiente de las dos curvas (gestión o control) es similar**. Queda pendiente confirmar si esta tendencia se amplifica con el paso del tiempo, pero todavía es pronto para confirmarla o rechazarla.

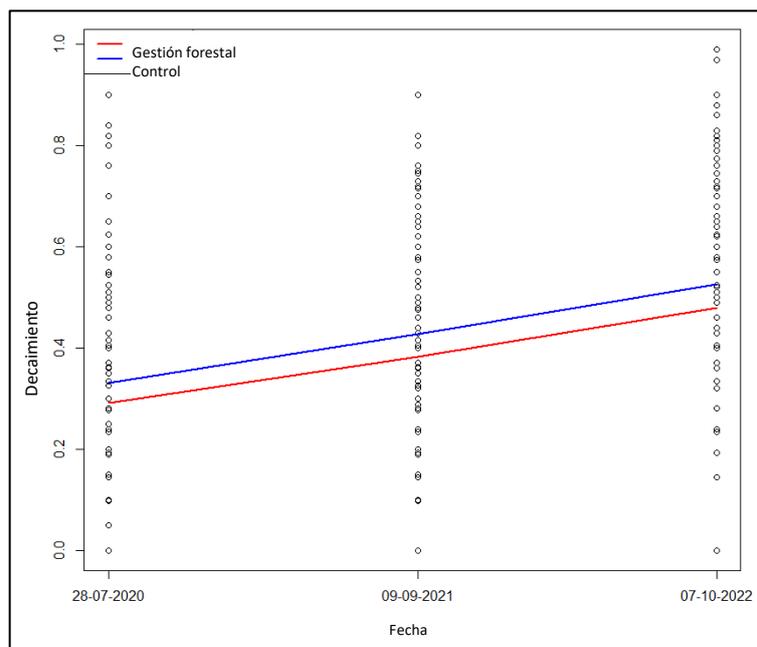


Figura 16. Decoloración y defoliación media (expresada en tanto por uno) en las parcelas control y en las parcelas con tratamiento en 2020, 2021 y 2022. Regresión utilizando un modelo cuasi-binomial.

5.3 Vulnerabilidad al fuego de copas

Los resultados de la evaluación del riesgo de propagación del fuego de copas muestran un **cambio de la estructura el bosque, bajando a una vulnerabilidad baja en alguna de las parcelas tratadas un año después de la actuación** (Tabla 7). Como ya se ha explicado con anterioridad, la gestión forestal permitió pasar de una vulnerabilidad al fuego de copa moderada-alta antes de la actuación, con modelos de continuidad de combustible A3, B3 y B9, a una vulnerabilidad moderada después del tratamiento, pero con modelos menos continuos, B14 y B15. En la campaña de seguimiento de 2021 se observa que la vulnerabilidad ha bajado en dos de las parcelas de tratamiento (C13 y C17), pasando a una vulnerabilidad baja, y se mantiene moderada en el resto, manteniendo los mismos modelos de continuidad del combustible. En la campaña de 2022, la vulnerabilidad se mantiene moderada en todos los tratamientos debido a un leve crecimiento de la vegetación, pero con modelos discontinuos.

Parcela de inventario	Antes de la gestión forestal adaptativa Febrero 2020		Después de la gestión forestal adaptativa Junio 2020		Segunda campaña de seguimiento Septiembre 2021		Tercera campaña de seguimiento Septiembre 2022	
	Modelo de continuidad combustible	Vulnerabilidad al fuego de copas	Modelo de continuidad combustible	Vulnerabilidad al fuego de copas	Modelo de continuidad combustible	Vulnerabilidad al fuego de copas	Modelo de continuidad combustible	Vulnerabilidad al fuego de copas
Control 1	B9	Moderada	B9	Moderada	B9	Moderada	B9	Moderada
Control 2	A3	Alta	A3	Alta	B9	Moderada	B9	Moderada
Control 3	B3	Moderada	B3	Moderada	B9	Moderada	B9	Moderada
Tratamiento 1	B3	Moderada	B15	Moderada	B14	Moderada	B14	Moderada
Tratamiento 2	B9	Moderada	B14	Moderada	C13	Baja	B14	Moderada
Tratamiento 3	B3	Moderada	B14	Moderada	C17	Baja	B14	Moderada
Tratamiento 4	B10	Moderada	B14	Moderada	B14	Moderada	B14	Moderada
Tratamiento 5	B3	Moderada	B14	Moderada	B15	Moderada	B15	Moderada

Tabla 7. Modelo de continuidad de combustible y vulnerabilidad al fuego de copas en cuatro momentos diferentes: inicial, post-actuación, segunda y tercera campaña de seguimiento.

5.3.1. Humedad del suelo

La figura 17 muestra los datos de humedad del suelo registrados cada hora por los sensores de humedad del suelo instalados en las parcelas control y la media de las réplicas en las parcelas donde se aplicó la gestión forestal. Los datos muestran unas tendencias similares para los dos tipos de parcelas, pero con una **significativa mayor humedad registrada el último año en las zonas tratadas**.

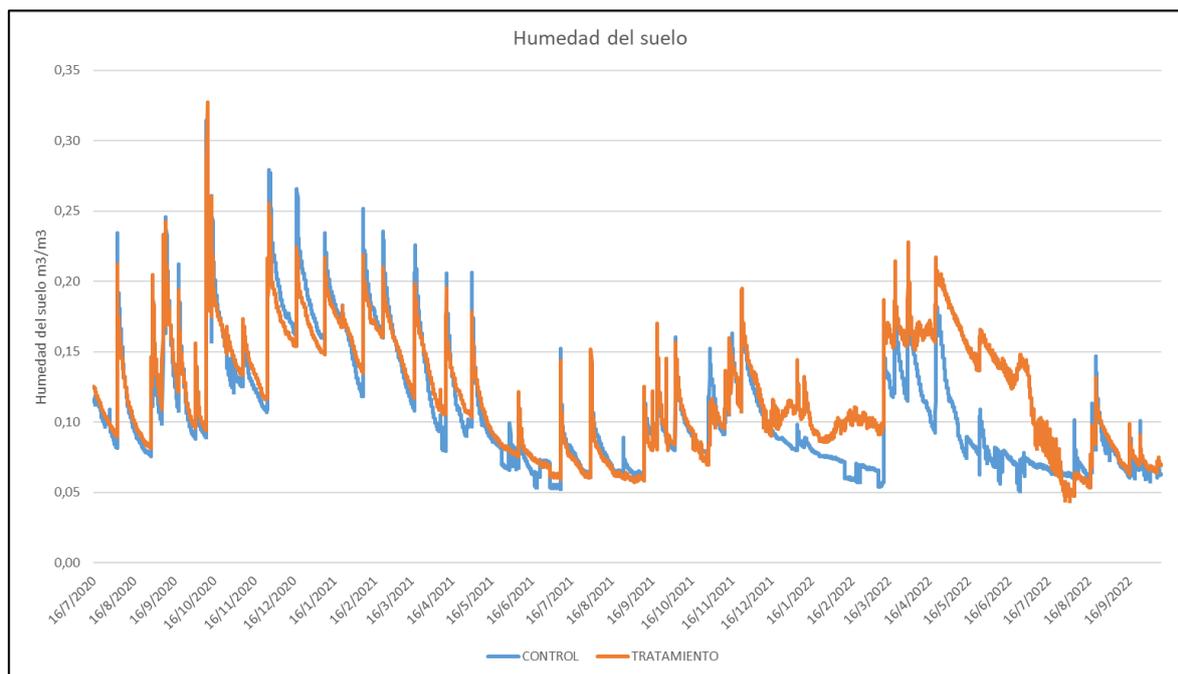


Figura 17. Cantidad media de agua en el suelo a lo largo del proyecto medida con los sensores instalados en las parcelas.

5.3.2. Temperatura y humedad relativa

La figura 18 muestra los datos de temperatura ambiental registrados cada hora por los sensores instalados en las parcelas control y la media de las réplicas en las parcelas donde se aplicó la gestión forestal. Los datos muestran **el mismo patrón para los dos tipos de parcela, con una leve, pero significativa, tendencia a una mayor temperatura en las parcelas tratadas**. Cabe destacar los distintos picos de temperatura máxima registrados en el último verano en la zona donde realizamos la prueba piloto y como se aprecia el efecto de un verano especialmente más caluroso. Se tendrá que evaluar esta tendencia a más largo plazo para comprobar si este efecto de la gestión se reduce con el tiempo, a medida que la cubierta arbórea se cierra y las condiciones microclimáticas de las parcelas gestionadas puedan convergir con las parcelas control.

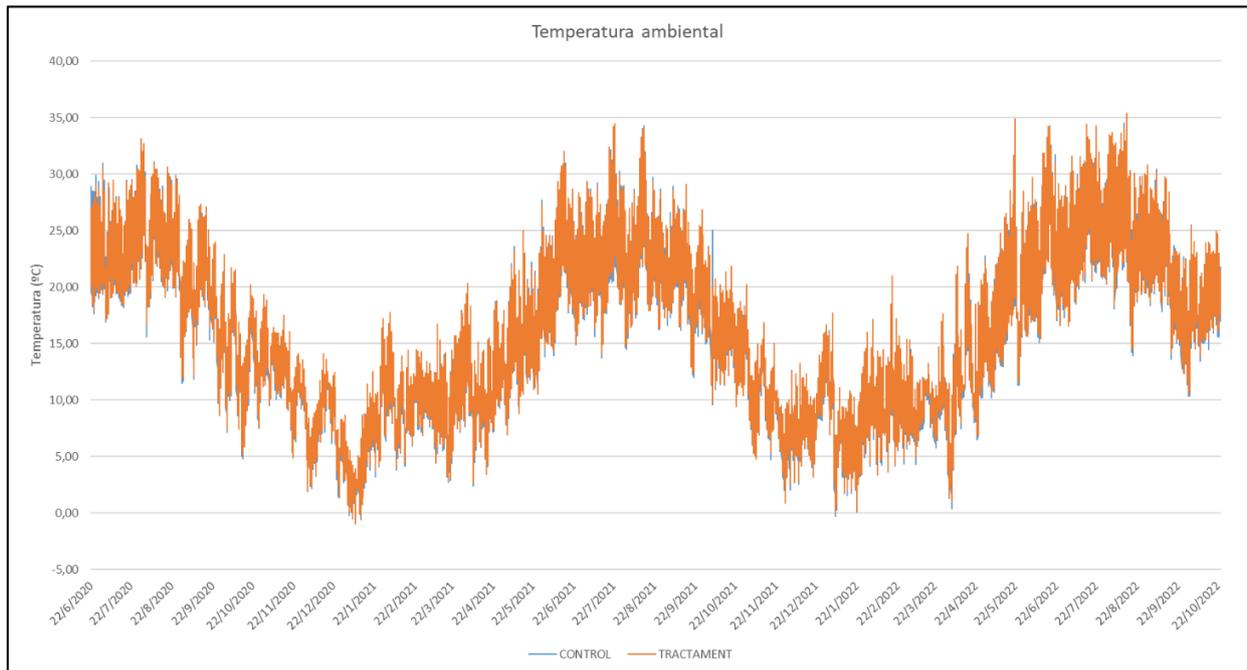


Figura 18. Promedio de la temperatura ambiental (130 cm de altura) medida con sensores dentro de las distintas parcelas que forman parte de la prueba piloto.

La figura 19 muestra los datos de humedad relativa registrados cada hora por los sensores instalados en las parcelas control y la media de las réplicas en las parcelas donde se aplicó la gestión forestal. Los datos muestran el **mismo patrón para los dos tipos de parcela, con una leve, pero significativa, tendencia a una mayor humedad relativa en las parcelas control**. Se tendrá que evaluar esta tendencia a más largo plazo para comprobar si este efecto de la gestión se reduce con el tiempo, a medida que la cubierta arbórea se cierra y las condiciones microclimáticas de las parcelas gestionadas puedan convergir con las control. Cabe destacar el efecto de las olas de calor en los registros bajos de humedad relativa en el verano de 2022.

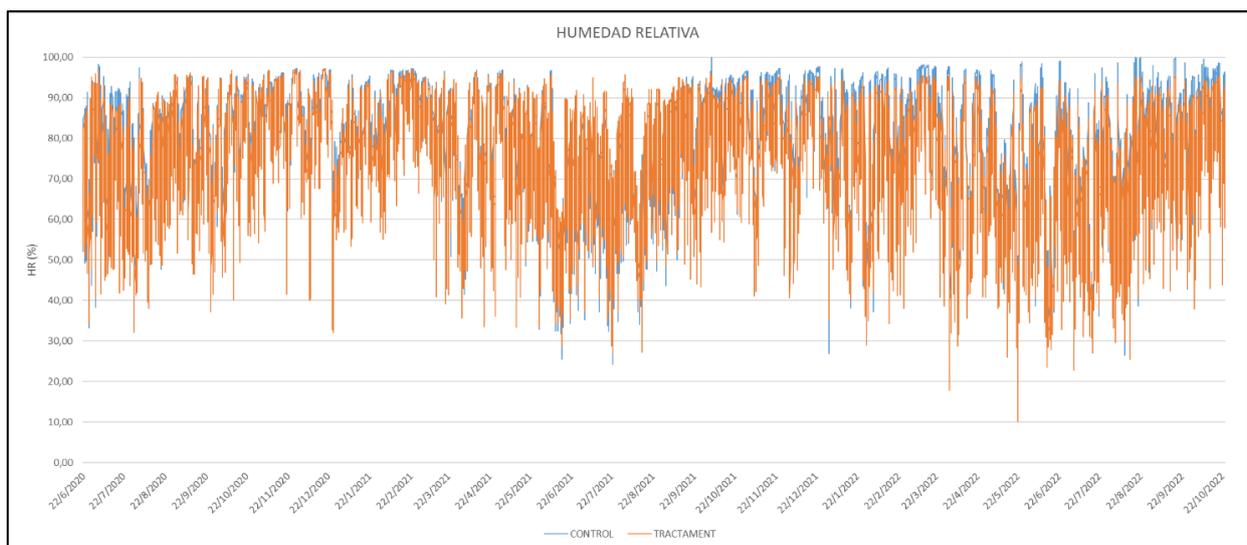


Figura 19. Promedio de la humedad relativa (130 cm de altura) medida con sensores dentro de las distintas parcelas que forman parte de la prueba piloto.

6 Conclusiones

Los **bosques de las montañas SUDOE**, tanto por extensión territorial como por su sensibilidad climática, son uno de los **ámbitos más vulnerables a los riesgos de sequía y riesgo de incendio**. En las últimas décadas, la superficie de bosque ha aumentado en muchas de éstas zonas, en detrimento de la superficie agrícola y de matorral. En general, estos nuevos bosques son densos y están poco gestionados por lo que son especialmente vulnerables a la sequía y a grandes incendios forestales. El seguimiento de los episodios de decaimiento forestal en Cataluña muestra que durante los últimos veranos cálidos y secos se han registrado afectaciones crecientes de decoloración, defoliación y mortalidad.

Los impactos climáticos que ya afectan a nuestros bosques se acentuarán en el futuro debido a una mayor frecuencia e intensidad de períodos de sequía proyectados por los modelos climáticos:

- Aumento del riesgo de incendio.
- Cambios en el funcionamiento de los bosques y su estructura: disminución de la productividad y la capacidad de almacenamiento de carbono.
- Aumento en la frecuencia e intensidad de los episodios de mortalidad.
- Aumento de las afectaciones por plagas y enfermedades en los bosques más frágiles e introducción de nuevos patógenos (hongos, insectos, etc.).

Existen evidencias de que la gestión forestal adaptativa puede ayudar a hacer más robustos los bosques ante estos riesgos. Sin embargo, la complejidad y el marco temporal de muchos estudios dificulta el desarrollo de herramientas de toma de decisiones y estrategias de gestión adaptativa a partir de la evaluación de la efectividad de los diferentes tratamientos silvícolas desde múltiples puntos de vista.

Es por ello que, a partir de los **principios de gestión adaptativa**, se han **diseñado y ejecutado una prueba piloto** en el marco del proyecto MONTCLIMA **dirigida a hacer menos vulnerable al riesgo de incendio un encinar mediterráneo**. Esta actuación se ha ubicado en un bosque que muestra evidencias de afectación por sequía y patógenos y que se encuentra en una zona delimitada como estratégica en la gestión preventiva del riesgo de incendio.

Los principales resultados obtenidos a los dos años de ejecución de la prueba piloto han sido:

- Se observa un **ligero incremento de la humedad del suelo donde se ha ejecutado la gestión**. Durante la primavera y el verano, una mayor humedad del suelo tiene una **correlación favorable con el crecimiento de los árboles y con su estado de salud**.
- La **gestión ha dado lugar a un mayor contenido hídrico de la vegetación en períodos de elevado riesgo de incendio**, lo que supone una **menor inflamabilidad y combustibilidad de la vegetación**.
- En el estrato arbóreo, conformado por encina, alcornoque, pino y roble, **la gestión forestal ha reducido el decaimiento de la vegetación**, aunque no frena su aumento con el paso del tiempo.

- El cambio de la estructura del bosque con la aplicación de la **gestión forestal ha reducido claramente la vulnerabilidad al riesgo de fuego de copas**, al disminuir la continuidad vertical del combustible.
- La **plaga de *Lymantria dispar*** durante el monitoreo de la prueba piloto y el impacto de la sequía 2021-22 y las **olas de calor del verano de 2022 han jugado un papel relevante en los resultados de la prueba**. Han sido afectaciones casi simultáneas en el tiempo que han debilitado profundamente la vegetación de la zona de estudio (prueba de ello son los datos de decaimiento recogidos en el último año). A pesar de la intensidad de los fenómenos, que desgraciadamente creemos que serán crecientes en el ámbito de las montañas SUDOE, los **resultados gestión forestal aplicada son prometedores de cara a enfrentar estos riesgos y reducir su impacto**.

7 Referencias

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.

Coello J, Piqué M, Beltrán M, Coll L, Palero N, Guitart L. 2022. Gestió adaptativa i naturalística en boscos mixtos mediterranis subhumits: alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, Solsona (Lleida); Centre de la Propietat Forestal, Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona). 104 p.

Guitart L, Rosell M (2014). *Demostració de l'aplicació de nous models de gestió per a l'adaptació al canvi climàtic de masses d'alzina i suro al Massís del Montnegre i el Corredor*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Fons Europeu Agrícola de Desenvolupament Rural.

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.

Vericat P, Piqué M, Beltrán M, Cervera T (2011) Models de gestió per als boscos d'alzina (*Quercus ilex subsp. ilex*) i carrasca (*Quercus ilex subsp. ballota*): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. 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.



Interreg 
Sudoe
MONTCLIMA 

www.montclima.eu