



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1343

Organiza





Efectos de los incendios forestales y la gestión postfuego en la multifuncionalidad de ecosistemas forestales.

CARMONA-YÁÑEZ M.D.(1), PLAZA-ÁLVAREZ P.A.(1), AMIRI, A. (2), ZEMA D.A.(3), SORIA, R. (1), LUCAS-BORJA M.E.(1).

1. Universidad de Castilla La Mancha, España.
2. Lorestan University, Irán.
3. Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia.

Resumen

Este trabajo trata de comprender cómo y por qué las diferentes estrategias de gestión post-incendio influyen en la multifuncionalidad y recuperación de las propiedades de los ecosistemas forestales afectados por el fuego. En concreto, este estudio evalúa cómo en el incendio forestal de la Sierra de los Donceles (T.M. Hellín, Albacete), zonas no quemadas, quemadas y en las que se aplican diferentes estrategias de emergencia y quemadas-no gestionadas, cambia la diversidad vegetal, contenido de nutrientes y reservas de carbono del suelo, regulación del ciclo hidrológico, descomposición de material vegetal y producción de biomasa en el corto y largo plazo. Un año, cinco y doce años después del fuego se han seleccionado zonas en las que se han realizado fajinas (LEB), acordonado (CFD), zonas quemadas sin tratar (BNA) y no quemadas (UB). Los resultados demostraron que el incendio afecta a múltiples propiedades del ecosistema forestal y que principalmente fajinas y acordonado, pueden aumentar eficazmente la diversidad vegetal y la multifuncionalidad del ecosistema a los cinco y doce años después del incendio. Este trabajo avanza en la comprensión de cómo pueden utilizarse las estrategias de gestión para promover la multifuncionalidad y la diversidad vegetal tras los incendios forestales.

Palabras clave

Fajina, acordonado, severidad del incendio, regeneración natural.

1. Introducción

Los incendios forestales son perturbaciones de gran magnitud que alteran profundamente la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, especialmente en regiones mediterráneas caracterizadas por condiciones semiáridas. Estas áreas son especialmente vulnerables a los impactos de los incendios debido a su limitada capacidad de regeneración natural y la presión de factores antropogénicos y climáticos (LINDENMAYER & NOSS, 2006; SHAKESBY, 2011). Entre las funciones ecosistémicas más afectadas se encuentran por ejemplo, la regulación del clima y del ciclo de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, la producción de biomasa o regulación del ciclo hidrológico, todas esenciales para mantener la multifuncionalidad de los ecosistemas (BYRNES ET AL., 2014; MAESTRE ET AL., 2012).

La multifuncionalidad de ecosistemas forestales (EMF, por sus siglas en inglés) se



ha definido como la capacidad de un ecosistema para proporcionar múltiples servicios y funciones simultáneamente, lo que sintetiza la complejidad y las interacciones de sus componentes (LUCAS-BORJA ET AL., 2022a). Este concepto es especialmente relevante en los bosques mediterráneos, donde las perturbaciones naturales, como incendios y sequías, junto con actividades humanas, como la explotación forestal, amenazan la sostenibilidad de estos ecosistemas (ELDRIDGE Y DELGADO-BAQUERIZO, 2017; FERGUSON, 1996).

En este contexto, la gestión postfuego se presenta como una herramienta clave para mitigar los efectos negativos de los incendios forestales y acelerar la recuperación de las funciones ecosistémicas. Las técnicas más comunes incluyen estabilización de laderas mediante fajinas (LEB, por sus siglas en inglés) y acordonados (CFD). Estas intervenciones buscan reducir la erosión del suelo, facilitar la regeneración de la vegetación y promover la retención de nutrientes y materia orgánica en el suelo (NAPPER, 2006; GIRONA-GARCÍA ET AL., 2021). Sin embargo, las respuestas de los ecosistemas a estas estrategias pueden variar significativamente en función de factores como el tipo de tratamiento, las condiciones climáticas y la severidad del incendio (GÓMEZ-REY ET AL., 2013; LUCAS-BORJA ET AL., 2022B).

Aunque existen numerosas investigaciones sobre los efectos inmediatos del fuego y la gestión postfuego en las propiedades del suelo y la vegetación (CERTINI, 2005; FRANCO ET AL., 2018), los estudios que evalúan la evolución de la EMF a largo plazo son limitados. Esta brecha es especialmente preocupante en entornos semiáridos, donde la recuperación natural de los ecosistemas puede llevar décadas o incluso ser incompleta sin intervención humana (CARMONA-YÁÑEZ ET AL., 2023; PEREIRA ET AL., 2021).

El presente estudio busca evaluar la evolución de las funciones ecosistémicas y la EMF durante un periodo de doce años en un bosque mediterráneo de Castilla-La Mancha, España, afectado por un incendio severo en 2012. Se analizaron cuatro condiciones del suelo: áreas no quemadas, áreas quemadas sin intervención, y áreas quemadas tratadas con fajinas (LEB) y acordonado (CFD). Las preguntas clave que guían esta investigación son: (i) ¿en qué medida varían las funciones ecosistémicas y la EMF entre las distintas condiciones del suelo?; (ii) ¿cómo evolucionan estas funciones y la EMF a lo largo del tiempo en cada condición?; y (iii) ¿qué rol desempeñan las propiedades del suelo y la cobertura del terreno en la multifuncionalidad ecosistémica?

Los resultados obtenidos no solo contribuyen a la comprensión de los procesos de recuperación postfuego, sino que también ofrecen recomendaciones prácticas para gestores forestales. En particular, este estudio enfatiza la importancia de adoptar estrategias de manejo que prioricen la recuperación de la vegetación, el enriquecimiento del ciclo de nutrientes y la mejora de la calidad del suelo, elementos críticos para restaurar la funcionalidad de los ecosistemas forestales afectados por incendios severos (LUCAS-BORJA ET AL., 2021; GÓMEZ-SÁNCHEZ ET AL., 2023)

2. Objetivos

El estudio tiene como principales objetivos:

- Analizar las diferencias en las funciones ecosistémicas y la EMF entre las cuatro condiciones del suelo (áreas no quemadas (UB), quemadas sin intervención (BNA), y quemadas con tratamientos LEB y CFD).
- Evaluar cómo evolucionan las funciones ecosistémicas y la EMF a lo largo del tiempo bajo cada una de las condiciones del suelo estudiadas.
- Examinar la influencia de las propiedades del suelo y las coberturas del terreno (vegetación, restos de madera, suelo desnudo y rocas) en la multifuncionalidad del ecosistema.
- Identificar las relaciones entre las funciones ecosistémicas individuales y la EMF, destacando las más relevantes en el proceso de recuperación postfuego.

Estos objetivos buscan aportar información clave para los gestores forestales y planificadores del paisaje, permitiéndoles priorizar estrategias de restauración que favorezcan la recuperación integral de ecosistemas forestales afectados por incendios severos (LUCAS-BORJA ET AL., 2021; GÓMEZ-SÁNCHEZ ET AL., 2023).

3. Metodología

El estudio se realizó en un bosque mediterráneo de la Sierra de Los Donceles, ubicado en Castilla-La Mancha, España. Este bosque, caracterizado por un clima semiárido (clasificación BSk según Köppen) y suelos de textura franco-arenosa a franco-arcillosa (Calcic Aridisols), fue afectado por un incendio severo en julio de 2012 que devastó aproximadamente 6,500 hectáreas de vegetación compuesta predominantemente por pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.).

Para evaluar los efectos del incendio y de las estrategias de gestión postfuego, se estableció un diseño experimental que incluyó cuatro condiciones del suelo:

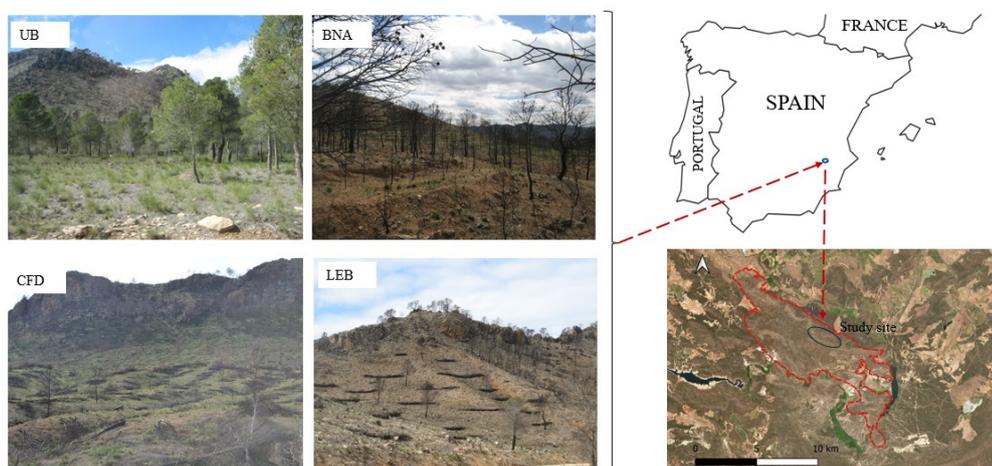




Figura 1. Localización geográfica del estudio con las cuatro condiciones del suelo. Áreas no quemadas (UB), áreas quemadas sin intervención (BNA), áreas quemadas tratadas con fajinas (LEB), áreas quemadas tratadas con acordonado (CFD).

Tratamientos postfuego

En otoño de 2012, las áreas quemadas seleccionadas recibieron tratamientos de estabilización de laderas. Como actuación de emergencia frente a la erosión, los servicios forestales de la comunidad de Castilla-La Mancha aplicaron fajinas (LEB) dispuestas en 30 unidades/ha con troncos anclados al suelo siguiendo curvas de nivel, formando depósitos para la retención de agua y sedimentos. La otra medida consistió en acordonados (CFD), se colocaron 17 unidades/ha que consistieron en restos de árboles dispuestos sobre el suelo sin anclaje, siguiendo las curvas de nivel.

Diseño experimental

Se establecieron 12 parcelas experimentales de 20 x 20 m, distribuidas aleatoriamente entre las condiciones del suelo. Se acotaron tres parcelas con fajinas (LEB), tres con acordonado (CFD), otras tres en la ladera en la que no se aplicó ninguna medida de estabilización (BNA). Como testigo se eligió una zona sin quemar que aportó los valores de referencia previos al incendio (UB). Para evitar pseudoreplicaciones, las parcelas se separaron por una distancia mínima de 200 metros. Todas las parcelas estaban ubicadas en laderas con pendientes entre 30% y 45%, orientación norte y una altitud promedio de 500 m.

Caracterización de los componentes del ecosistema

Los componentes del ecosistema se han caracterizado en términos de estructura del ecosistema, que incluye la composición de la comunidad representada como la riqueza de especies y la cobertura del suelo en la que se evalúa el porcentaje de rocas, madera muerta, suelo desnudo y vegetación, junto a las propiedades del ecosistema caracterizadas por las propiedades físico químicas del suelo, es decir, textura (arena, limo y arcilla), pH, relación carbono/nitrógeno (C/N).

Entre las funciones ecosistémicas seleccionadas para evaluar la multifuncionalidad, se encuentran el ciclo de nutrientes relacionado con el nitrógeno total y el fósforo disponible en el suelo, la regulación climática caracterizada por el carbono orgánico total, la descomposición de residuos en la que se encuentran las actividades enzimáticas del suelo (ureasa, β -glucosidasa, fosfatasa y deshidrogenasa), la producción de biomasa en relación con el área basal de los árboles y el ciclo hidrológico en el que se ha tenido en cuenta la conductividad hidráulica del suelo y la repelencia del mismo al agua.

Los datos de este estudio han sido obtenidos en tres muestreos, los cuales han tenido lugar uno, cuatro y once años después del incendio (2013, 2016 y 2023). Las propiedades del suelo se determinaron en muestras compuestas de 6 submuestras



recolectadas en cada parcela, mientras que la cobertura del suelo y la composición de la vegetación se evaluaron mediante transectos y cuadrículas fotográficas.

Tabla 1. Caracterización de los componentes del ecosistema con los indicadores relevantes en el estudio (Sierra de los Donceles, Castilla-La Mancha, Centro-Este de España)

Categorías	Grupo de indicadores	Indicadores
Estructura del Ecosistema		Riqueza de especies
	Rocas	
	Madera muerta	
	Suelo desnudo	
	Vegetación	
	Propiedades del Ecosistema	
	Funciones del Ecosistema	

Análisis estadístico



Se utilizó un ANOVA de diseño mixto para identificar diferencias significativas en las funciones ecosistémicas y la multifuncionalidad entre las condiciones del suelo y los momentos de muestreo. También se realizaron análisis de correlación para evaluar las relaciones entre las funciones ecosistémicas, las propiedades del suelo y la cobertura del terreno. Un análisis de componentes principales (PCA) y un análisis de conglomerados jerárquicos (AHCA) permitieron identificar patrones en la relación entre funciones ecosistémicas y multifuncionalidad en las distintas condiciones del suelo.

4. Resultados

5. Evolución temporal de las funciones ecosistémicas y la EMF

Las áreas que no fueron afectadas por el incendio forestal (UB) mostraron valores constantes de la EMF durante todo el período de estudio. Mientras que en las áreas quemadas sin intervención (BNA) se observó una disminución progresiva en todas las funciones ecosistémicas, especialmente en el ciclo hidrológico y la regulación climática. Esto resultó en un deterioro general de la EMF, aunque con una pendiente menos pronunciada que las funciones individuales. Por otro lado, las áreas en las que se establecieron las fajinas (LEB) mostraron una recuperación más rápida de la regulación climática y del ciclo de nutrientes en comparación con el acordonado (CFD), aunque este último mostró cierta mejora en la descomposición de residuos y en el ciclo hidrológico.

En el corto plazo (1 año después del incendio), la EMF fue similar en todas las condiciones de suelo independientemente del tratamiento y mucho menor en comparación con UB. Sin embargo, en el largo plazo (12 años después del incendio), las parcelas con LEB lograron un nivel de EMF significativamente superior al de las áreas con CFD y las zonas sin tratamiento, pero sin alcanzar los niveles de las áreas no quemadas.

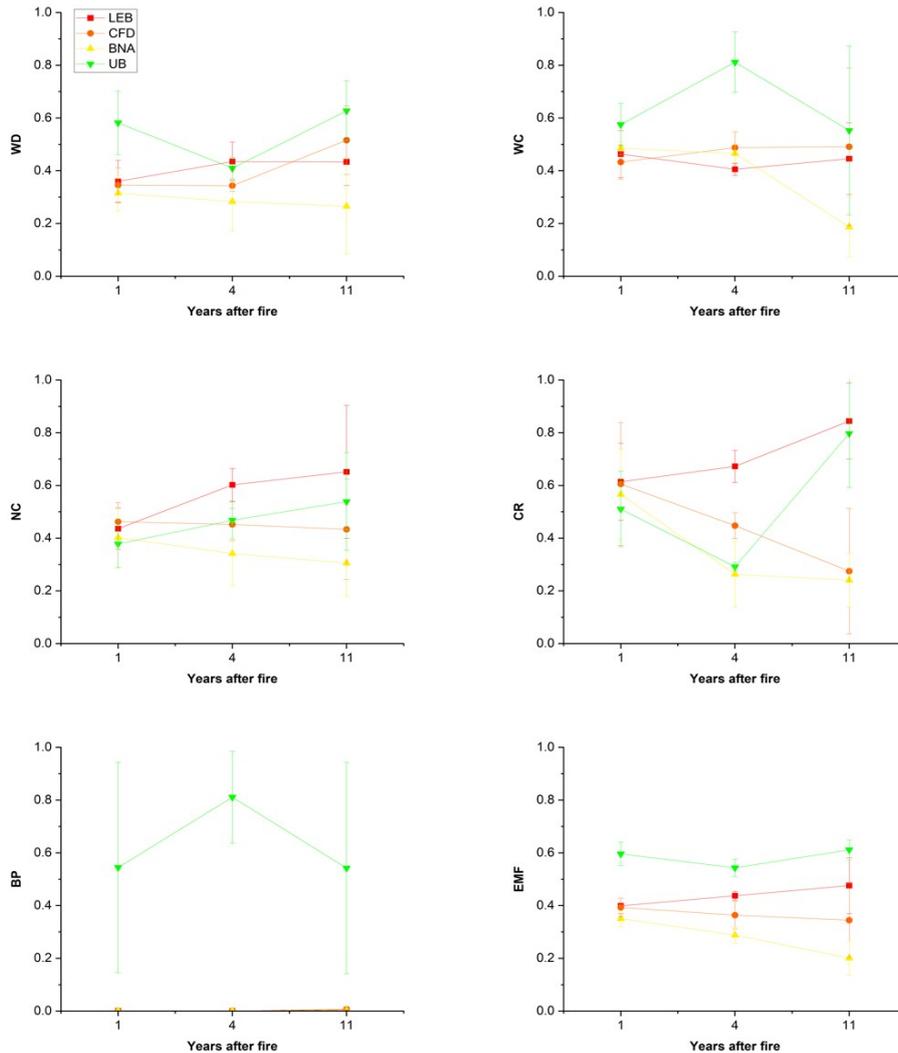


Figura 2. Variabilidad temporal (media \pm desviación estándar, $n=3$) de las funciones del ecosistema (EF) y del promedio de la multifuncionalidad durante las 3 fechas de muestreo (uno, cuatro y once años después del incendio y del tratamiento post-incendio) en las cuatro condiciones de suelo (LEB, CFD, BNA y UB) (Sierra de los Donceles, Castilla-La Mancha, Centro- Este de España).

Leyenda: WD: descomposición de residuos; WC= ciclo hidrológico; NC= ciclo de nutrientes; CR= regulación climática; BP= producción de biomasa; EMF= multifuncionalidad del ecosistema; TAF= tiempo después del fuego.

2. Comparación entre condiciones del suelo

En las áreas no quemadas (UB), la EMF se mantuvo constante a lo largo del tiempo, reflejando una mayor estabilidad ecosistémica. Estas áreas también mostraron los valores más altos en funciones como el ciclo hidrológico y la descomposición de residuos, que fueron significativamente diferentes solo comparados con los valores de las zonas en las que no se aplicó tratamiento (BNA).

Las parcelas tratadas con LEB alcanzaron un nivel de EMF intermedio, siendo un 33% superior al de BNA y un 10% superior al de las CFD. Por otro lado, las parcelas con CFD, aunque mostraron ciertos beneficios, tuvieron una recuperación menos efectiva en funciones clave como la regulación climática y el ciclo de nutrientes en comparación con las parcelas con LEB. Las áreas en las que no se aplicaron tratamientos fueron las que mostraron los niveles más bajos de estas dos últimas funciones.

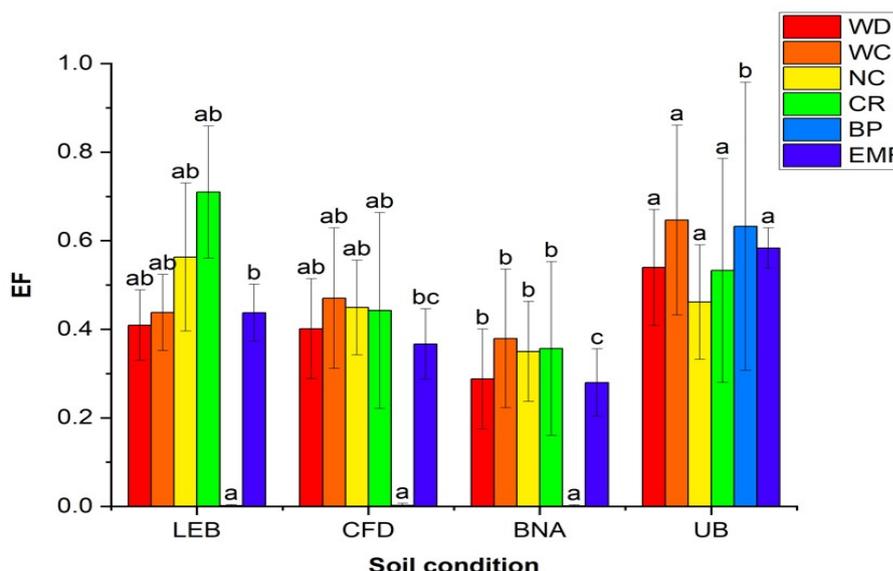


Figura 3. Variabilidad (media \pm desviación estándar, n=3) de las funciones ecosistémicas (EF) y el promedio de la multifuncionalidad durante las 3 fechas de muestreo (uno, cuatro y once años después del incendio y la aplicación de las medidas de restauración)

3. Influencia de las propiedades del suelo y la cobertura del terreno

La descomposición de residuos estuvo significativamente correlacionada con la cobertura de vegetación($r= 0,35$, $p< 0,05$), la regulación del clima ($r=0,34$, $p<0,05$) y con el contenido en arena ($r=0,36$, $p<0,05$) y limo ($r=-0,33$, $p<0,05$) y la relación carbono/nitrógeno ($r=-0,47$, $p<0,05$). Por otro lado, el ciclo de nutrientes mostró una relación negativa altamente significativa ($p<0,001$) con el pH (-0,53). Al igual que ocurre con la producción de madera y la regulación del clima (-0,44). Además, en la regulación climática también se observa una correlación altamente significativa con el contenido en arena, pero positiva, con respecto al contenido en arena (0,56). La multifuncionalidad (EMF) se vio favorecida por una mayor proporción de materia orgánica y una menor cobertura de madera muerta.

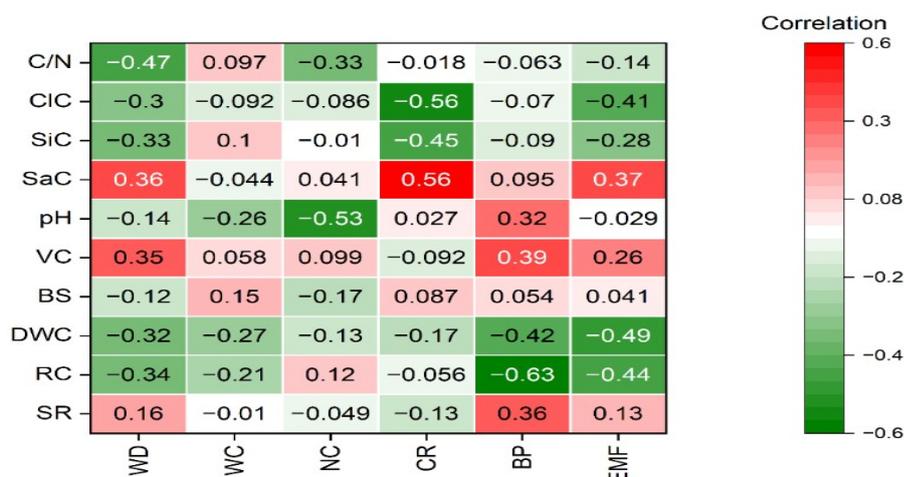


Figura 4. Matriz de correlación de Pearson entre pares de las propiedades y cobertura del suelo, así como las funciones del ecosistema y el promedio de la multifuncionalidad al año, cuatro y once años después del incendio en las cuatro condiciones de suelo.

Leyenda: ClC= contenido en arcilla; SiC= contenido en limo; SaC=contenido en arena; VC=cobertura de la vegetación; BS=suelo desnudo; DWC=cobertura de madera muerta; RC= cobertura de roca; SR= riqueza de especies; WD= descomposición de residuos; WC= ciclo hidrológico; NC= ciclo de nutrientes; CR=regulación del clima; BP= producción de biomasa; EMF= multifuncionalidad del ecosistema.

4. Relaciones entre funciones ecosistémicas y EMF

El análisis de componentes principales (PCA) y el análisis de conglomerados jerárquicos (AHCA) evidenciaron un gradiente claro entre las áreas no quemadas y las áreas quemadas, con diferencias más pronunciadas en las funciones relacionadas con la descomposición de residuos y la EMF. Las áreas tratadas con LEB mostraron una mayor proximidad funcional a las áreas no quemadas, especialmente en el largo plazo, mientras que las áreas con CFD permanecieron más cercanas a las áreas quemadas sin intervención.

5. Discusión

La investigación realizada en el bosque de Sierra de los Donceles evidencia el impacto severo de los incendios forestales y la importancia de las estrategias de manejo postfuego para restaurar la multifuncionalidad ecosistémica (EMF) en el largo plazo.

Impacto de los incendios forestales en las funciones ecosistémicas

Los incendios severos ocasionaron reducciones sustanciales en todas las funciones ecosistémicas, especialmente en la regulación climática y el ciclo del agua,



mientras que la producción de biomasa se redujo casi a cero en los sitios quemados y no tratados (BNA). Esto está en línea con estudios previos que indican que los incendios disminuyen las actividades enzimáticas del suelo, el contenido de materia orgánica y la capacidad de infiltración de agua, aumentando la repelencia al agua (DEBANO, 2000; SHAKESBY, 2011). Estas alteraciones son particularmente preocupantes en ecosistemas semiáridos, donde la recuperación natural es lenta y los cambios en las propiedades del suelo pueden ser permanentes si no se implementan medidas de manejo (CARRÀ ET AL., 2021).

Efectividad de las técnicas de manejo postfuego

Las fajinas (LEB) demostraron ser más efectivas que los acordonados (CFD) para promover la recuperación del ciclo de nutrientes y la regulación climática. Esto puede atribuirse a la capacidad de las LEB para retener agua y sedimentos, aumentando la deposición de materia orgánica y nutrientes (LUCAS-BORJA ET AL., 2022C; GÓMEZ-SÁNCHEZ ET AL., 2023). En contraste, los CFD mostraron una recuperación limitada de estas funciones, aunque mejoraron aspectos del ciclo del agua en el corto plazo. Estos resultados refuerzan la importancia de seleccionar técnicas de manejo postfuego que maximicen la retención de recursos clave para la recuperación del ecosistema.

Recuperación de la multifuncionalidad ecosistémica

Aunque las áreas tratadas con LEB y CFD presentaron mejoras significativas en la EMF en comparación con las áreas quemadas y no tratadas (BNA), no se alcanzaron los niveles observados en los sitios no quemados (UB). Esto coincide con estudios que destacan que la restauración completa de ecosistemas afectados por incendios severos puede requerir décadas y estrategias integrales (BOWD ET AL., 2019; CARMONA-YÁÑEZ ET AL., 2023).

Evolución temporal de las funciones ecosistémicas

Las funciones individuales mostraron patrones de recuperación diferenciados. Por ejemplo, mientras que la regulación climática y el ciclo de nutrientes aumentaron progresivamente en las áreas con LEB, la producción de biomasa se mantuvo baja en todas las áreas quemadas, incluso después de 12 años. Esto indica que la recuperación de la vegetación tras un incendio severo es un proceso prolongado, como también lo señalan LINDENMAYEN & NOSS(2006) y MOGHLI ET AL. ,(2022).

Implicaciones para la gestión forestal

Los hallazgos destacan la necesidad de priorizar técnicas que fomenten la recuperación de la vegetación y la estabilización del suelo. En particular, se recomienda la eliminación de madera muerta para prevenir impactos negativos, como la introducción de plagas y la inhibición del rebrote vegetal (MOLINAS-GONZÁLEZ ET AL., 2019; BAUHUS ET AL., 2018). Asimismo, es crucial enfocar los esfuerzos en la restauración del contenido de materia orgánica y la reducción de la acidificación del suelo para acelerar la recuperación de la multifuncionalidad ecosistémica.



6. Conclusiones Las principales conclusiones de este trabajo se pueden resumir en las siguientes:

Los incendios forestales severos causan una disminución drástica en las funciones ecosistémicas (EF), especialmente en la regulación climática, el ciclo del agua y la producción de biomasa, lo que resulta en una multifuncionalidad ecosistémica (EMF) significativamente más baja en las áreas quemadas y no tratadas.

La implementación de técnicas de manejo postfuego, como las fajinas (LEB) y los acordonados (CFD), mejora la recuperación de las EF y la EMF en comparación con las áreas no tratadas. Sin embargo, las LEB son más efectivas, especialmente en la recuperación del ciclo de nutrientes y la regulación climática.

Ninguna de las técnicas de manejo postfuego evaluadas logró restaurar completamente la EMF a los niveles observados en los sitios no quemados. Esto indica que la recuperación completa de los ecosistemas tras incendios severos es un proceso de largo plazo que requiere medidas complementarias.

La recuperación de la producción de biomasa tras los incendios es lenta, incluso con técnicas de manejo postfuego, lo que subraya la necesidad de esfuerzos adicionales para acelerar el rebrote de la vegetación.

La eliminación de madera muerta, la reducción de la acidez del suelo y la restauración del contenido de materia orgánica son estrategias prioritarias para maximizar la efectividad de las medidas de manejo postfuego y acelerar la recuperación funcional del ecosistema.

Este estudio evidencia la necesidad de un enfoque adaptativo y basado en evidencia para la gestión de ecosistemas afectados por incendios severos, destacando la importancia de evaluar la multifuncionalidad ecosistémica como un indicador integral de la recuperación ambiental

7. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con el apoyo financiero de los proyectos MULTIFIRE, PID2021-126946OB-100/MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FIRESTORM, TED2021-12945B-41/MCIN/AEI/10.13039/501100011033/Unión Europea NextGenerationEU/PRTR.

8. Bibliografía

BAUHUS, J.; BABER, K.; & MÜLLER, J. ; 2018. Dead wood in forest ecosystems. *Adv Ecol Res* 15.



BOWD, E. J.; BANKS, S. C.; STRONG, C. L.; & LINDENMAYER, D. B.; 2019. Long-term impacts of wildfire and logging on forest soils. *Nat. Geosci.* 12 (2) 113–118.

BYRNES, J.E.; GAMFELDT, L.; ISBELL, F.; LEFCHECK, J.S.; GRIFFIN, J.N.; HECTOR, A.; CARDINALE, B.J.; HOOPER, D.U.; DEE, L.E.; EMMETT DUFFY, J.; 2014. Investigating the relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality: challenges and solutions. *Methods Ecol. Evol.* 5 111–124.

CARMONA-YÁÑEZ, M.D.; FRANCOS, M.; MIRALLES, I.; SORIA, R.; AHANGARKOLAEI, S.S.; VAFAIE, E.; ZEMA, D.A.; LUCAS-BORJA, M.E.; 2023. Short-term impacts of wildfire and post-fire mulching on ecosystem multifunctionality in a semi-arid pine forest. *For. Ecol. Manag.* 541 121000.

CARRÀ, B. G.; BOMBINO, G.; DENISI, P.; ET AL.; 2021. Water Infiltration after Prescribed Fire and Soil Mulching with Fern in Mediterranean Forests. *Hydrol.* 8(95).

CERTINI, G.; 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143 1–10.

DEBANO, L. F.; 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *J. Hydrol* 231 195–206.

ELDRIDGE, D.J.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; 2017. Continental-scale Impacts of Livestock Grazing on Ecosystem Supporting and Regulating Services. *Land Degrad. Dev.* 28 1473–1481.

FERGUSON, I.S.; 1996. Sustainable forest management. OUP Australia.

FRANCOS, M.; PEREIRA, P.; ALCANIZ, M.; ÚBEDA, X.; 2018. Post-wildfire management effects on short-term evolution of soil properties (Catalonia, Spain, SW-Europe). *Sci. Total Environ.* 633 285–292.

GIRONA-GARCIA; A., VIEIRA, D.C.S.; SILVA, J.; FERNANDEZ, C.; ROBICHAUD, P.R.; KEIZER, J.J.; 2021. Effectiveness of post-fire soil erosion mitigation treatments: A systematic review and meta-analysis. *Earth-Sci. Rev.* 217 103611.

GÓMEZ-REY, M.X.; COUTO-VÁZQUEZ, A.; GARCÍA-MARCO, S.; GONZÁLEZ-PRIETO, S.J.; 2013. Impact of fire and post-fire management techniques on soil chemical properties. *Geoderma* 195–196, 155–164.

GÓMEZ-SÁNCHEZ, M. E.; NAVIDI, M.; ORTEGA, R.; ET AL.; 2023. Medium-term associations of soil properties and plant diversity in a semi-arid pine forest after post-wildfire management. *FEM* 545.



LINDENMAYER, D.B.; NOSS, R.F.; 2006. Salvage logging, ecosystem processes, and biodiversity conservation. *Conserv. Biol.* 20 949–958.

LUCAS-BORJA, M. E.; JING, X.; VAN STAN II, J. T.; ET AL.; 2022A. Changes In soil functionality eight years after fire and post-fire hillslope stabilisation in Mediterranean forest ecosystems. *Geoderma* 409.

LUCAS-BORJA, M. E.; JING, X.; VAN STAN II, J. T.; ET AL.; 2022B. Changes In soil functionality eight years after fire and post-fire hillslope stabilisation in Mediterranean forest ecosystems. *Geoderma* 409.

LUCAS-BORJA, M. E.; JING, X.; VAN STAN II, J. T.; ET AL.; 2022C. Changes In soil functionality eight years after fire and post-fire hillslope stabilisation in Mediterranean forest ecosystems. *Geoderma* 409.

LUCAS-BORJA, M.E.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; MUÑOZ-ROJAS, M.; PLAZA-ÁLVAREZ, P.A.; GÓMEZ-SANCHEZ, M.E.; GONZÁLEZ-ROMERO, J.; PEÑA-MOLINA, E.; MOYA, D.; DE LAS HERAS, J.; 2021. Changes in ecosystem properties after post-fire management strategies in wildfire-affected Mediterranean forests. *J. Appl. Ecol.* 58 836–846.

MAESTRE, F.T.; QUERO, J.L.; GOTELLI, N.J.; ESCUDERO, A.; OCHOA, V.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; GARCÍA-GÓMEZ, M.; BOWKER, M.A.; SOLIVERES, S.; ESCOLAR, C.; 2012. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Sci.* 335 214–218.

MOGHLI, A.; SANTANA, V.M.; BAEZA, M.J.; PASTOR, E.; SOLIVERES, S.; 2022. Fire recurrence and time since last fire interact to determine the supply of multiple ecosystem services by Mediterranean forests. *Ecosystems* 25 1358–1370.

MOLINAS-GONZÁLEZ, C.R.; CASTRO, J.; GONZÁLEZ-MEGÍAS, A.; LEVERKUS, A.B.; 2019. Effects of post-fire deadwood management on soil macroarthropod communities. *Forests* 10, 1046.

NAPPER, C.; 2006. BAER: Burned Area Emergency Response Treatments Catalog.

PEREIRA, P., BOGUNOVIC I., ZHAO, W., BARCELO, D., 2021. Short-term effect of wildfires and prescribed fires on ecosystem services. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 22 100266.

SHAKESBY, R. A.; 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth Sci. Rev.* 105 71–100.