



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



## Efectos sobre las propiedades del suelo y la vegetación de tratamientos preventivos en áreas del Sureste de Castilla La-Mancha con riesgo elevado de incendios

FAJARDO CANTOS, Á.<sup>1</sup>, PEÑA MOLINA E.<sup>1</sup>, PLAZA-ÁLVAREZ P.<sup>1</sup>, GONZÁLEZ ROMERO J.<sup>1</sup>, MOYA NAVARRO D.<sup>1</sup>, LUCAS-BORJA M.E.<sup>1</sup>, BOTELLA BOU R.<sup>1</sup>, DÍAZ MONTERO A.<sup>1</sup>, GONZÁLEZ CAMUÑAS H.<sup>2</sup>, GÓMEZ SÁNCHEZ E.<sup>3</sup>, DE LAS HERAS IBÁÑEZ J.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> escuela superior de ingenieros agrónomos y de montes (ETSIAM), Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Ecología forestal (ECOFOR).

<sup>2</sup> estudiante de doctorado en Ciencias Agrarias y Medioambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).

<sup>3</sup> técnica forestal de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM).

### Resumen

El régimen actual de incendios forestales dentro del ambiente mediterráneo, unido al aumento de temperaturas y aumento de la frecuencia de los incendios, puede disminuir la resistencia y resiliencia de los ecosistemas para recuperarse tras sufrir una nueva perturbación (Buscardo et al, 2010). En este estudio se tratará de continuar con la evaluación y análisis de manera integral de los componentes que gestionan los tratamientos preventivos para identificar las vulnerabilidades de los sistemas forestales y sus combustibles frente a los incendios con objeto de sentar las bases para la elaboración de un sistema normalizado que permita una gestión eficiente de los servicios forestales para reducir en gran medida los incendios severos.

El análisis de la eficacia y el rendimiento de métodos de tratamiento de combustible, como es el de quemas prescritas, en gestión preventiva de incendios forestales es fundamental, siendo en este caso una especie clave, *Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth.

En este trabajo se pretende definir qué tipo de tratamiento es el más adecuado, así como su momento de ejecución, para optimizar y mantener las condiciones de diseño en el plan de gestión contra grandes incendios forestales en Castilla-La Mancha, reconociendo precozmente la vulnerabilidad de sistemas forestales a los incendios.

### Palabras clave

Herramienta de gestión, quemas prescritas, severidad de quema, impermeabilidad suelo, recuperación vegetación.

### 1. Introducción

El fuego ha sido una de las grandes perturbaciones en ecosistemas mediterráneos, como precedente de largas estaciones de sequía, modelando del paisaje. Y una de las claves para la prevención de los incendios es la gestión del combustible forestal (Marino et al., 2014).

Un aumento en el calentamiento global, agravando el cambio climático, y extendiendo temporalmente las estaciones de sequía, y adicionando el aumento del abandono rural, y forestal, ha incidido directamente como aliciente a una mayor recurrencia de incendios, con grandes extensiones y con mayor severidad de quemado (Pausa, 2004; Pausas et al., 2009; Moya et al., 2018).

Por ello, la gestión de combustibles mediante diferentes tratamientos preventivos de éstos es fundamental para el control de grandes incendios, uno de estos tratamientos esenciales son las quemas prescritas, (desbroce por quema) incidiendo en el modelo selectivo de las especies de mayor inflamabilidad (Turco et al., 2014; Pausas 2004), como es el caso del esparto. Realizando el estudio de distintas variables con la intención de demostrar de una forma empírica que es uno de los métodos más apropiado para reducir la cantidad de biomasa de forma más eficaz, así como el más eficiente desde el punto de vista económico, realizando líneas verticales y horizontales en la

vegetación y formando discontinuidades en éstas (Moya et al., 2020; Duane et al., 2019; Fontúrbel et al., 2016).

## 2. Objetivos

En este estudio se trata de evaluar los posibles efectos ecológicos que pueda causar esta herramienta preventiva, evaluando distintas variables de suelo y vegetación, de gran impacto ecológico (Moya et al., 2019a, 2019b; Hedo et al., 2015), mediado por indicadores y parámetros como respiración de suelo (RS), infiltración y repelencia edáfica, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del suelo, así como la interacción entre suelo-planta con la RS. Mejorar de forma empírica, y desarrollar, el conocimiento sobre estas variables puede mejorar las técnicas, herramientas, y análisis en la ejecución de tratamientos preventivos (Plaza-Álvarez et al., 2017, 2018, 2019).

## 3. Metodología

### 3.1 Zona de estudio

La zona de estudio se realiza en el cruce de la carretera CM-3203 y la AB-508, entre los términos municipales de Ayna y Molinicos, Albacete (España). La quemas prescritas se realizaron en estacionalidad de primavera-verano, siendo tempranas. La zona de estudio se encuentra a 781 metros sobre el nivel del mar. El clima se conoce como un clima de estepa local. Durante el año hay poca lluvia. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es BSK. La temperatura media anual es 14.1 °C, y la precipitación aproximada es de 406 mm. En cuanto a la vegetación predominante se puede definir como un espartizal (*Macrochloa tenacissima*) combinado con bosque mixto de *Pinus halepensis*, *Quercus cocciferae*, además también se aprecian *Rhamno lycoidis*, *Asparagus acutifolius*, *Salvia rosmarinus*, *Thymus vulgaris*), apareciendo este último caso como sustitución el pinar de carrasco con coscojas.

### 3.2 Diseño experimental

A lo largo de la superficie de estudio se distribuyeron al azar seis parcelas cuadradas de 30x30 m, de las cuales tres fueron instaladas en la zona a quemar, y las otras tres se utilizaron como control, en zona no quemada (Figura 1). En estas parcelas se realizaron muestreos periódicos (antes de la quema, justo después de la quema, a la semana, a las 3 semanas, y mensualmente) hasta completar el año de seguimiento para las variables de respiración del suelo, infiltración e hidrofobicidad.

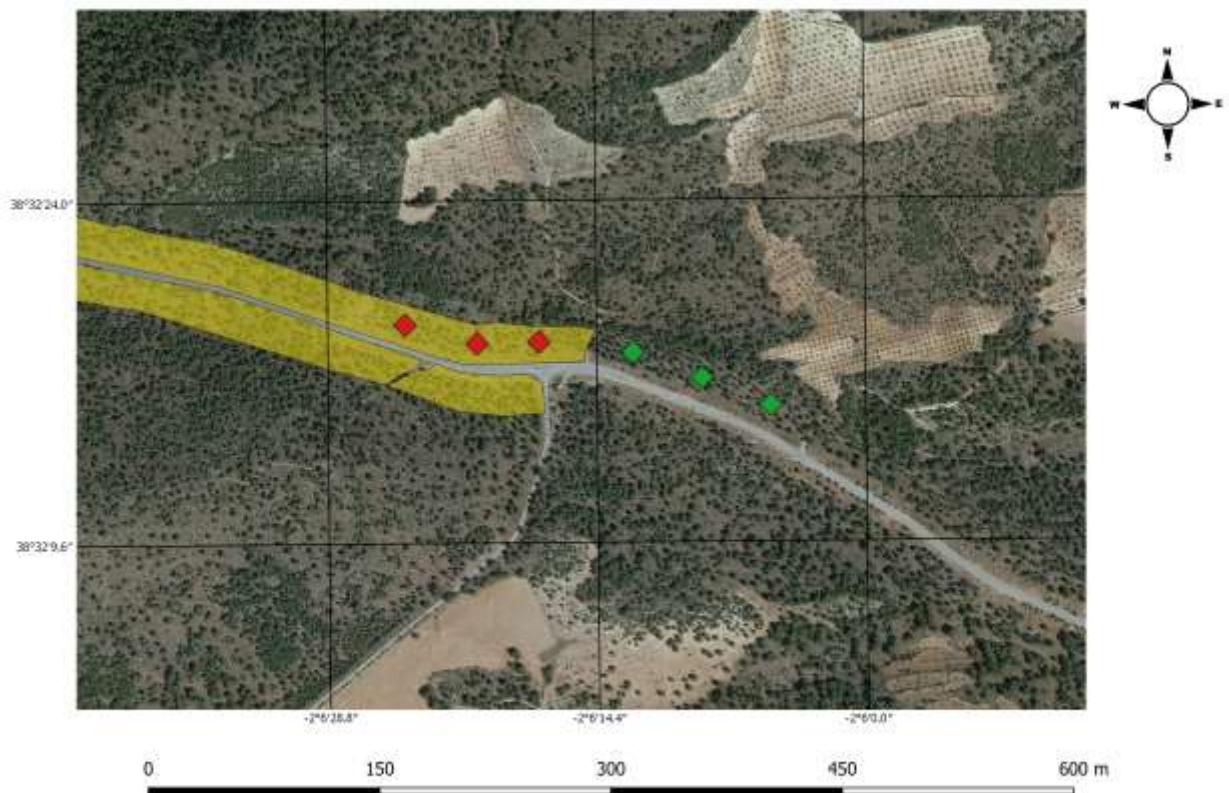


Figura 1. Zona de estudio ubicada en la zona de Cuarto Alarcón, dentro del municipio de Ayna, Albacete (España). En amarillo indica la superficie en la que se realizó la quema prescrita (5.4ha), los cuadrados rojo indican las parcelas dentro de la quema y los cuadrados verdes indican las parcelas control/no-quemadas.

En cada una de las parcelas se establecieron tres puntos fijos de medida de la respiración. Para los análisis fisicoquímicos, y biológicos del suelo se recogieron muestras homogéneas en tres puntos distintos de cada parcela, siendo un total de 18 muestras tras cada muestreo, los cuales fueron antes de la quema, tras la quema, a las 3 semanas, a los 6 meses y al año. El seguimiento de la variable respiración del suelo se realizó mediante cámaras de respiración con sistema automático con flujo de CO<sub>2</sub> en suelo. s). El seguimiento de las propiedades físicas de infiltración e hidrofobicidad del suelo se llevó a cabo mediante la conductividad hidráulica del suelo, utilizando infiltrómetro de minidisco (Robichaud et al., 2008) y el tiempo de penetración de la gota de agua (WDPT, Water Drop Penetration Time) (Doerr et al., 2000).

Durante la realización de la quema se monitorizaron las temperaturas mediante la distribución de termopares en las parcelas de estudio. Dichos sensores fueron colocados a 2 cm de profundidad en el suelo, en suelo mineral, en la superficie y a 30 cm de altura sobre el suelo, con el objetivo de caracterizar la quema, tanto en intensidad como severidad de quemado.

#### 4. Resultados

Resultados obtenidos a corto plazo (6 meses) tras la quema de las variables analizadas en suelo, a expensas de completar la anualidad del seguimiento en todas las variables propuestas:

- Respiración de suelo (SR)

Observamos (Figura 2) que la tendencia general de la respiración del suelo entre las parcelas que se aplicaron la quema prescritas y las utilizadas como control (no quemadas) no difieren, sólo las

primeras semanas tras la aplicación de la quema, rápidamente se recupera, tendiendo ligeramente a la baja las parcelas quemadas en los meses más fríos.

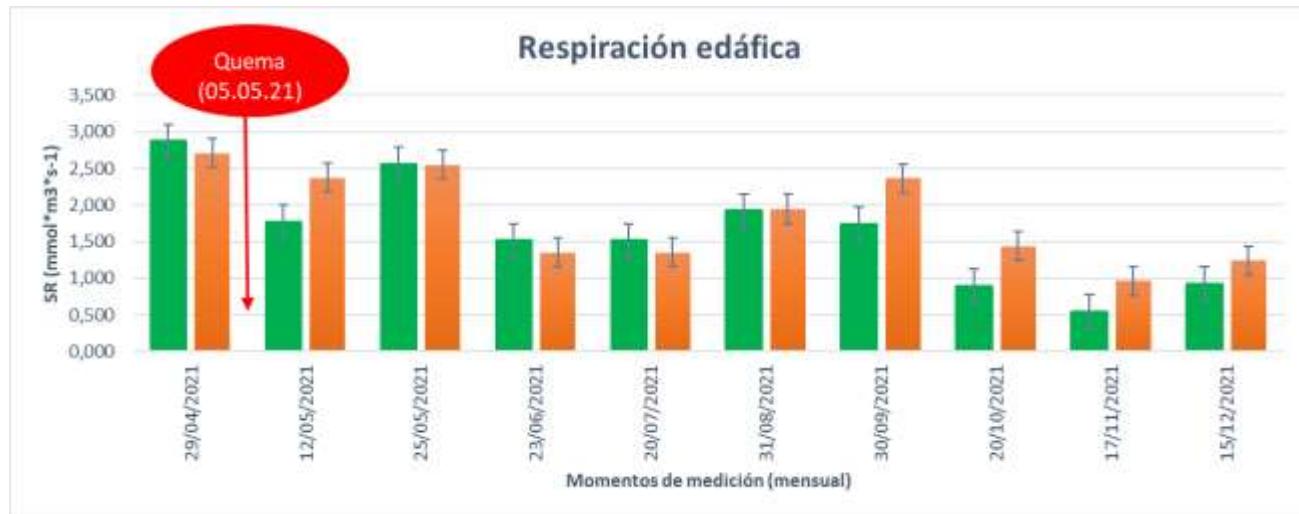


Figura 2. Medición de respiración de suelo (SR), con unidades milímol/metro cuadrado /segundo, en parcelas quemadas (naranja) y parcelas control/no-quemadas (verdes).

#### - Repelencia edáfica

Al igual que en la respiración del suelo, la repelencia edáfica mediado por la desaparición de gota de agua (WDPT), observamos (Figura3) que la tendencia general es que en los primeros meses la repelencia en las parcelas quemadas aumenta, pero tras un corto periodo se vuelven a estabilizar.

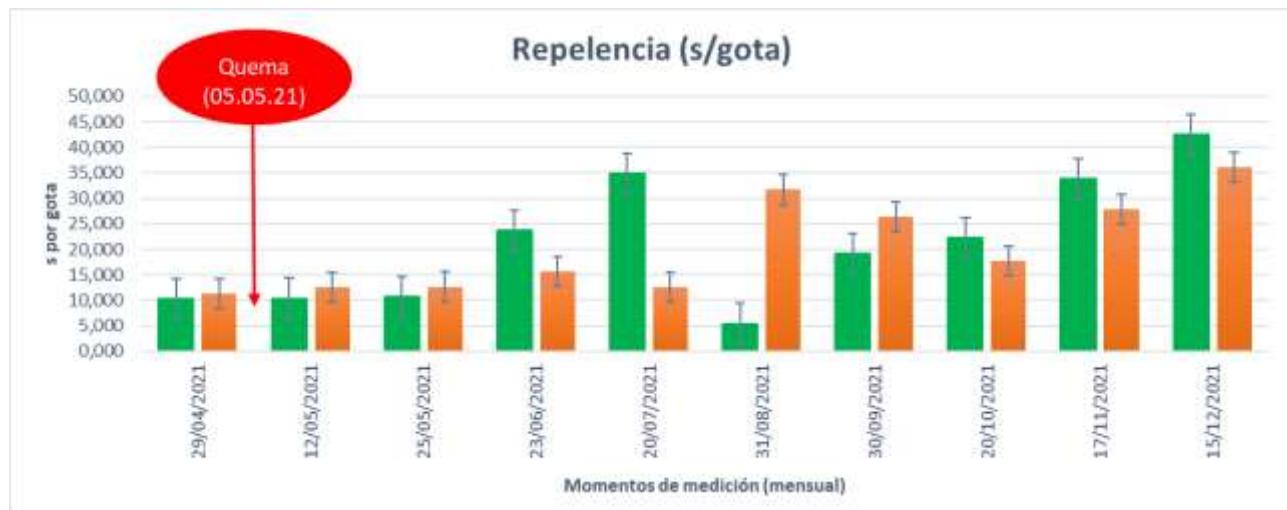


Figura 3. Medición de hidrofobicidad mediado por conteo de segundos en desaparición de gota de agua (s/gota) (WDPT) en parcelas quemadas (naranja) y parcelas control/no-quemadas (verdes).

#### - Velocidad de infiltración edáfica

Al igual que la repelencia edáfica, la conductividad hidráulica mediada por la velocidad de infiltración (SWC; cm/s) se observa (Figura 4) una tendencia general que no varía, únicamente, y de

forma ligera, en los primeros meses tras la realización de la quema prescrita, un aumento de la velocidad de infiltración en las parcelas con el tratamiento, pero rápidamente se recuperan al cabo de unos pocos meses.

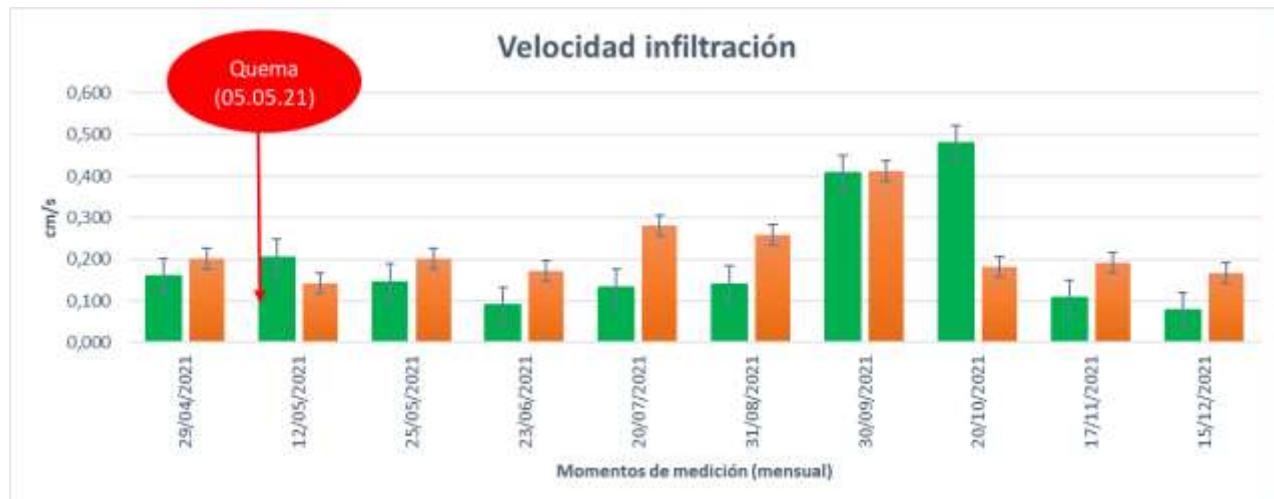


Figura 4. Medición de infiltración mediado por conductividad hidráulica del suelo (SWC) en parcelas quemadas (naranja) y parcelas control/no-quemadas (verdes).

#### - Velocidad de infiltración edáfica

En la figura 5, se observa la evolución de las temperaturas medias tras el paso de las llamas, a unas alturas de -2cm (por debajo del suelo) a 0cm del suelo, en superficie y a 30cm de la superficie del suelo. Se observa que las temperaturas máximas no llegan ni a 250°C, siendo estas a 30cm del suelo (en vegetación arbustiva) y que, al suelo, tanto a -2cm como a 0cm, no llega a aumentar la temperatura. Además, se ve como la temperatura se vuelve a estabilizar a valores normales unos minutos después (20mint) del paso del fuego.

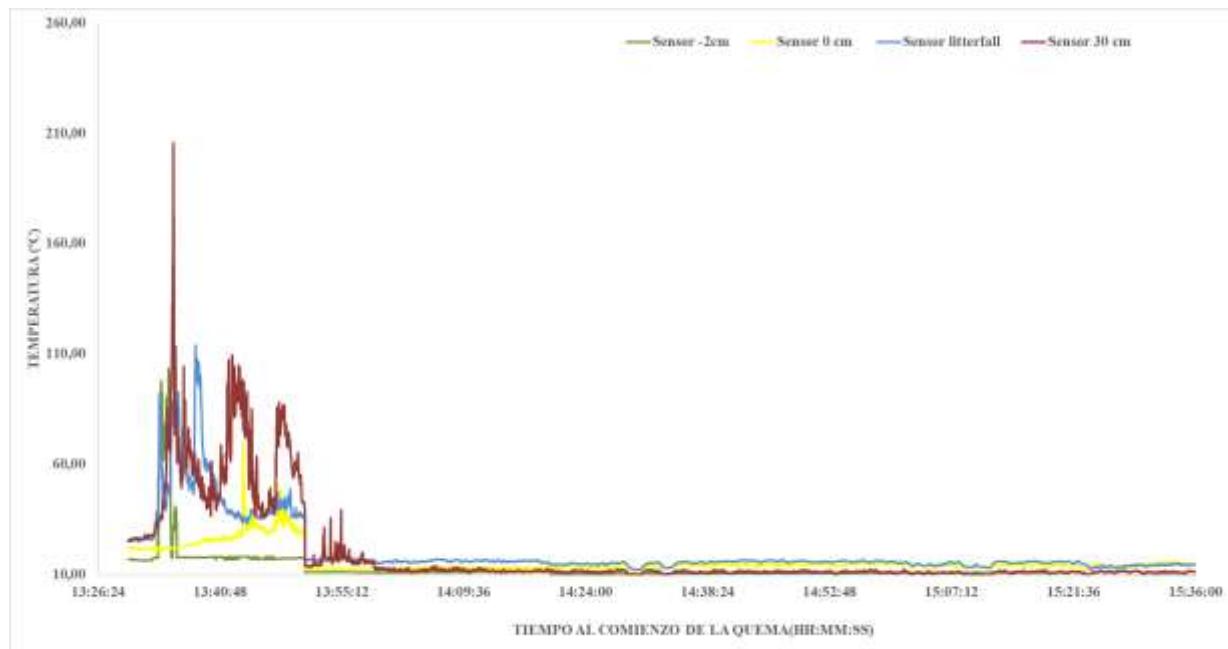


Figura 5. Valores medios de la Tº registrados durante la quema prescrita a -2cm del suelo mineral, a 0cm del suelo mineral, sobre la superficie y hojarasca, y a 30cm sobre el suelo, siendo caracterizada la zona como combustible 5 (=comb.5), realización de la quema en Ayna, Albacete (España) el 05/05/21.

## 5. Discusión

Los resultados obtenidos tanto en la repelencia (SWR), infiltración (SWC) y en la respiración del suelo (SR) permiten comprobar disminuyen ligeramente en las semanas posteriores, hasta el primer mes, en las parcelas que se aplicó la quema prescrita (Figura 1,2 y 3), tras este periodo, los valores obtenidos vuelven a acercarse a valores normales, equivalente a los valores de las parcelas no quemadas (control). Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios semejantes (Plaza-Álvarez et al., 2017,2018,2019).

Los resultados obtenidos de RS mostraron incrementos en los ratios de respiración microbiana en los meses de verano (mayo-julio), directamente relacionados con mayores niveles de temperatura en la superficie edáfica (junto con aspectos del clima mediterráneo) (Curiel et al., 2004; Moya et al., 2015). Otros estudios han observado que una mayor incidencia de radiación ultravioleta en el suelo aumenta la descomposición de la hojarasca, favoreciendo la respiración microbiana (Austin y Vivanco, 2006; Caldwell et al., 2007; Brandt et al. 2009). En consecuencia, la RS aumenta (Rey et al., 2011; Plaza-Álvarez et al., 2017). En este estudio no se encontraron diferencias altamente significativas entre el RS de parcelas quemadas (SRQ) y el RS de parcelas de control (RSC) debido a la realización de las quemas prescritas fueron de baja severidad (figura 4), como se puede observar en otros estudios Granged et al., 2011; Plaza-Álvarez et al., 2017, Espinosa et al., 2020), donde se alcanzaron temperaturas superiores a 600 ° C durante varios segundos, sin sobrepasar los 700 ° C. Como las quemaduras no alcanzaron altas temperaturas en los suelos, la hipótesis se confirmó criado, en el cual no esperábamos encontrar diferencias en SR entre parcelas de control y parcelas quemadas. Algunos estudios observan cómo la materia orgánica se recupera rápidamente luego de los primeros meses de la quema, relacionándose con la rápida recuperación de la RS (Fritze et al., 1993; Moya et al., 2015; Plaza-Álvarez et al., 2017). Por lo tanto, las quemas de baja severidad y residencia del calor en el suelo durante la quema no afectaron las variables ni los parámetros del suelo.

## 6. Conclusiones

Se determinó que la quema prescrita fue una de baja severidad, con temperaturas medias inferiores a 45 ° C en suelo mineral (-2cm), y sin llegar a 60 ° C a 0cm. Estaba entre esparto (*Macrochloa tenacissima*) y bajo arbolado (*Pinus halepensis*); fue factible establecer patrones de mediano-corto plazo para observar tendencias con impactos en SWC y SWR. La carga de combustible fue modelo 5, solana, siendo suelos pobres, con un clima mediterráneo típico compuesto por un bosque mixto de *Pinus halepensis* y *Macrochloa tenacissima*, sin efectos significativos sobre los parámetros del suelo en este tipo de combustible, sin embargo, Se observaron ligeras diferencias a corto plazo (en los primeros 3-4 meses) entre las parcelas quemadas y las parcelas control (no quemadas).

Tanto la capa de hojarasca como la materia orgánica en descomposición (SOM) fueron reducidas por el fuego. La SWR se vio afectada en el corto plazo por la deposición de material orgánico carbonizado, siendo este hidrofóbico, determinando una recuperación temprana de las parcelas quemadas en comparación con las parcelas control. También encontramos una relación negativa entre SWR y SWC, que era de esperar, sin ser significativa a largo plazo. Gracias a ello, este estudio permite comprender mejor los cambios en las características edáficas provocados por el manejo de combustibles mediante la quema prescrita, lo que podría ser útil para futuros tratamientos por parte de los gestores de terrenos forestales.

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen la participación activa en los trabajos realizados por el equipo de Servicio de prevención y extinción de incendios forestales de Castilla- La Mancha (JCCM) y la Empresa Pública de Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha (GEACAM)

Álvaro Fajardo cuenta con el apoyo de un contrato predoctoral de la Universidad de Castilla-La Mancha, cofinanciado por el Fondo Social Europeo (2020-COB-9911). Este estudio también fue financiado por el Instituto Español de Investigación y Tecnología Agraria (INIA) con el Proyecto de investigación regional “PRESFIRE”: “OPORTUNIDAD Y EFECTIVIDAD DE MEDIDAS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA Y RESTAURACION DE GRANDES INCENDIOS FORESTALES EN CASTILLA-LA MANCHA”. subproyecto 1 con referencia SBPL Y / 19/180501/000130 /, y Proyecto Nacional de Investigación “ENFIRES” con referencia PID2020-116494RR-C43 financiado por MCIN / AEI / 10.13039 / 501100011033, y en su caso “FEDER una manera de hacer Europa”.

## 8. Bibliografía

Austin, A., Vivanco, L. (2006). Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. *Nature* 442, 555–558.

Brandt, L. A., Bohnet, C., and King, J. Y. (2009), Photochemically induced carbon dioxide production as a mechanism for carbon loss from plant litter in arid ecosystems, *J. Geophys. Res.*, 114, G02004.

Caldwell, M.M., Bornman, J.F., Ballaré, C.L., Flint, S.D., Kulandaivelu, G., (2007). Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors. *Photochem. Photobiol. Sci.* 6, 252–266.

Curiel yuste, J., Janssens, I.A., Carrara, A. and Ceulemans, R. (2004), Annual Q10 of soil respiration reflects plant phenological patterns as well as temperature sensitivity. *Global Change Biology*, 10: 161-169.

Doerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. P. D. (2000). Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, 51(1), 33-65.

Duane, A., Aquilué, N., Canelles, Q., Morán-Ordoñez, A., De Cáceres, M., & Brotons, L. (2019). Adapting prescribed burns to future climate change in Mediterranean landscapes. *Science of The Total Environment*, 677, 68-83.

Espinosa, J.; Rodríguez De Rivera, Ó.; Madrigal, J.; Guijarro, M.; Hernando, C. (2020) Use of Bayesian Modeling to Determine the Effects of Meteorological Conditions, Prescribed Burn Season, and Tree Characteristics on Litterfall of *Pinus nigra* and *Pinus pinaster* Stands. *Forests*, 11, 1006.

Fritze, H., Pennanen, T., Pietikäinen, J., (1993). Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning. *Can. J. For. Res.* 23, 1286-1290.

Fontúbel, M. T., Fernández, C., & Vega, J. A. (2016). Prescribed burning versus mechanical treatments as shrubland management options in NW Spain: Mid-term soil microbial response. *Applied Soil Ecology*, 107, 334-346.

Granged, A.J.P., Zavala, L.M., Jordán, A., Bárcenas-Moreno, G., (2011). Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: A 3-year study. *Geoderma* 164, 85-94.

Hedo, J., Lucas-Borja, M. E., Wic, C., Andrés-Abellán, M., & De Las Heras, J. (2015). Soil microbiological properties and enzymatic activities of long-term post-fire recovery in dry and semiarid Aleppo pine (*Pinus halepensis* M.) forest stands. *Solid Earth*, 6(1), 243-252

Marino, E., Hernando, C., Planelles, R., Madrigal, J., Guijarro, M., Sebastián, A., 2014. Forest fuel management for wildfire prevention in Spain: a quantitative SWOT analysis. *International Journal of Wildland Fire*, 23(3), 373-384.

Moya D., De las Heras J., López-Serrano F., & Ferrandis P. (2015). Post-Fire Seedling Recruitment and Morpho-Ecophysiological Responses to Induced Drought and Salvage Logging in *Pinus halepensis* Mill. Stands. *Forests*, 6, 1858-1877.

Moya, D., González-De Vega, S., García-Orenes, F., Morugán-Coronado, A., Arcenegui, V., Mataix-Solera, J., Lucas-Borja, M. E., de las Heras, J. (2018). Temporal characterisation of soil-plant natural recovery related to fire severity in burned *Pinus halepensis* Mill. forests. *Science of the Total Environment* 42-51.

Moya, D., González-De Vega, S., Lozano, E., García-Orenes, F., Mataix-Solera, J., Lucas-Borja, M.E., Heras, J., 2019a. The burn severity and plant recovery relationship affects the biological and chemical soil properties of *Pinus halepensis* Mill. stands in the short and mid-terms after wildfire. *J. Environ. Manag.* 235, 250-256.

Moya, D., Madrigal, J., Fontúbel, T., Marino, E., Hernando, C., Guijarro, M., Fernández, C., Jiménez, E., Lucas-Borja, M., Vega, J.A., de las Heras, J., 2019b. Fire severity assessments in both the laboratory and the field. In: Pereira, P., Mataix- Solera, J., Úbeda, X., Rein, G., Cerdà, A. (Eds.), *Fire Effects in Soil Properties*. Csiro publishing, pp. 241-266.

Moya, D., Sagra, J., Lucas-Borja, M. E., Plaza-Álvarez, P. A., González-Romero, J., Heras, J. de Las, & Ferrandis, P. (2020). Post-fire recovery of vegetation and diversity patterns in semiarid *pinus halepensis* mill. Habitats after salvage logging. *Forests*, 11(12), 1-16.

Pausas, J. G. (2004). Changes in Fire and Climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin). *Climatic Change*, 63(3), 337-350.

Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R., Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., & Vallejo, R. (2009). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 713-723.

Plaza-Álvarez, P. A., Lucas-Borja, M. E., Sagra, J., Moya, D., Alfaro-Sánchez, R., González-Romero, J., & De las Heras, J. (2018). Changes in soil water repellency after prescribed

burnings in three different Mediterranean forest ecosystems. *Science of The Total Environment*, 644, 247-255.

Plaza-Álvarez, P. A., Lucas-Borja, M. E., Sagra, J., Zema, D. A., González-Romero, J., Moya, D., & De las Heras, J. (2019). Changes in soil hydraulic conductivity after prescribed fires in Mediterranean pine forests. *Journal of Environmental Management*, 232, 1021-1027.

Plaza-Álvarez, Pedro Antonio, Lucas-Borja, M. E., Sagra, J., Moya, D., Fontúrbel, T., & De las Heras, J. (2017). Soil Respiration Changes after Prescribed Fires in Spanish Black Pine (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *Salzmannii*) Monospecific and Mixed Forest Stands. *Forests*, 8(7), 248.

Turco, M., Llasat, M.-C., von Hardenberg, J., & Provenzale, A. (2014). Climate change impacts on wildfires in a Mediterranean environment. *Climatic Change*, 125(3), 369-380.

Rey, A., Pegoraro, E., Oyonarte, C., Were, A., Escribano, P., Raimundo, J., (2011). Impact of land degradation on soil respiration in a steppe (*Stipa tenacissima* L.) semi-arid ecosystem in the SE of Spain. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 393-403.

Robichaud, P. R., Lewis, S. A., & Ashmun, L. E. (2008). New procedure for sampling infiltration to assess post-fire soil water repellency. *Res. Note. RMRS-RN-33*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 14 p., 033.