



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-380

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

SIMULACION DE ALTA Y BAJA SEVERIDAD DE QUEMAS CONTROLADAS EN PLANTA PILOTO ECOTRON FORESTAL MEDITERRÁNEO

PLAZA-ÁLVAREZ, P.A.¹, SAGRA, J.¹, MOYA, D.¹, LUCAS-BORJA, M.E.¹, ALFARO-SÁNCHEZ, R.², FERRANDIS, P.¹ y DE LAS HERAS, J.¹.

¹ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes (ETSIAM), Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario s/n, 02071 Albacete

² University of Arizona- Laboratory of Tree Ring Research. Tucson, Arizona, USA

Resumen

Las quemas prescritas cada vez son una herramienta más usada en la prevención de incendios forestales.

Se han realizado un estudio en un ecotróp forestal mediterráneo (Ecotróp-MedFor). Este consta de 6 monolitos de suelo forestal (2x2x2m), colocándose en lisímetros y con sensores de medición de los parámetros objetivo. En Julio de 2016 se realizaron quemas en cuatro de estos monolitos y a diferentes intensidades, mediante el incremento de combustible en dos de ellos para conseguir mayor energía.

El objetivo es evaluar la afectación sobre el suelo y vegetación, principalmente la recuperación del ecosistema tras la perturbación del fuego a diferentes intensidades de quemado. Se obtienen resultados de intensidad, duración y severidad de quema. Así se realizarán seguimientos de variación de pesos de los lisímetros, temperatura, humedad y características físico-químicas del suelo, seguimiento de la capacidad de infiltración, hidrofobicidad y respiración del suelo y afectación sobre la vegetación

Los resultados auguran una mayor afectación del suelo y vegetación en los monolitos con mayor intensidad de fuego mediante un mayor incremento de la hidrofobicidad, disminución de la infiltración, disminución de la respiración y una menor recuperación de la vegetación prolongando la significancia de estas perturbaciones más en el tiempo.

Palabras clave:

Ecología del fuego, severidad de quema, interfaz suelo-planta, resiliencia.

1.Introducción

En el medio forestal cada vez más se está incrementando el uso de las quemas prescritas como herramienta para la reducción del combustible bajo arbolado en la prevención de incendios forestales. Mediante estas quemas se aplica el fuego bajo condiciones controladas sobre el sotobosque, con objeto de que la afección al arbolado sea mínima (Fernández et al. 2013). Pese a que se dispone de una información cada vez más precisa sobre el tipo de combustible, la intensidad del incendio a conseguir y las condiciones previas del medio que aconsejan dichas quemas, así como de sus efectos sobre la disminución del mismo a corto plazo, no son bien conocidas las consecuencias sobre algunos parámetros del suelo y de la vegetación, que pudieran ser determinantes a la hora de valorar la severidad de la quema prescrita (Lucas-Borja et al. 2016).

Así, la determinación de la repelencia al agua de los suelos en campo proporciona información *in situ*, que permite relacionar los resultados con el contenido en humedad del suelo, la precipitación,

la estación u otros procesos y factores ambientales (Jordan et al. 2010). El test del tiempo de penetración de la gota de agua (Water Drop Penetration Time, WDPT) consiste en colocar una gota de agua sobre la superficie del suelo, registrando el tiempo que necesita el agua para penetrar en el suelo, de modo que se obtiene una medida del tiempo que persiste la hidrofobicidad sobre la superficie porosa (Wessel, 1988), relacionado con las propiedades hidrológicas del suelo, ya que el tiempo requerido por la infiltración de las gotas de lluvia afecta de manera importante a la generación de escorrentía superficial.

La respiración del suelo incluye la medición de flujo de CO₂ de suelo autotrófico y heterotrófico, siendo un componente clave para entender el ciclo global del carbono por lo que es clave para determinar el balance de carbono, especialmente en ecosistemas de baja productividad, como los bosques mediterráneos en regiones semiáridas (Almagro et al., 2009). En estas zonas, los incendios forestales pueden tener un efecto significativo en las tasas de respiración, aunque puede variar con variables relacionadas con magnitud del impacto y manejo forestal (López-Serrano et al. 2016).

Estos parámetros resultan claves para determinar de forma efectiva el grado de afectación de la quema prescrita sobre los suelos, lo cual será clave a la hora de conseguir un grado de recuperación efectivo del sistema forestal, aún con una reducción significativa del combustible, objetivo primordial de la quema. Las mediciones de estos parámetros en condiciones controladas sólo es posible realizarlas en sistemas semicerrados tipo ecotrón, en los que es posible monitorizarlos de manera eficaz.

1. Objetivos

El objetivo principal de los experimentos realizados en esta planta piloto es generar conocimiento en el estudio de ecosistemas forestales, más concretamente en el sistema suelo-planta-atmósfera, afectados por incendios forestales.. Para ello, hemos seleccionado el efecto de la intensidad del fuego sobre algunas de sus principales propiedades físicas y biológicas, como acercamiento a un mejor conocimiento de la vulnerabilidad y resiliencia de pinares de *Pinus halepensis* en zonas del mesomediterráneo seco.

Los resultados obtenidos contribuirán a mejorar el manejo forestal en la prevención de incendios, así como en la toma de decisiones en programas de restauración y rehabilitación de espacios afectados por incendios.

2. Metodología

Ecotron forestal Mediterráneo (ecotrón-MedFor)” es una instalación desarrollada por el grupo de Investigación de Ecología Forestal (ECOFOR) de la Universidad de Castilla-La Mancha. En 2011 se extrajeron 6 monolitos de dimensiones 2x2x1 m, procedentes del municipio de Ayna (Albacete) que se trasladaron a la correspondiente estación de experimentación situada en el campo de prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Albacete de Albacete (Figura 1). Para conocer los efectos del calentamiento a varias temperaturas, simulando dos severidades de incendio, se monitorizan los parámetros ambientales más influyentes dentro del invernadero que contiene cada monolito. La recolección de datos se realiza mediante componentes e información obtenida de equipos portátiles y sensores, incluyendo un procesamiento de datos para garantizar la calidad de la rutina y procedimientos de control de calidad para diagnosticar errores. Se ha realizado un seguimiento en continuo, de los parámetros atmosféricos temperatura, humedad, radiación solar y flujo de CO₂ (tanto dentro como fuera de los monolitos), así como de la temperatura y humedad de suelo.



Figura 1. Planta piloto "Ecotrón forestal mediterráneo" situada en el campo de prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Albacete de Albacete (Universidad de Castilla-La Mancha). Vista general de mini-invernaderos conformando los monolitos (imagen izquierda), cobertura vegetal (imagen central) y lisímetro de pesada bajo suelo (Imagen derecha).

En cada uno de los monolitos se realizaron muestreos de abundancia relativa de vegetación (cobertura) siguiendo el método de intercepción lineal mediante 3 transectos lineales (2 m de longitud) en cada monolito (Kent and Coker 1994). Para detectar diferencias en taxones sensibles a la estación, se realizaron muestreos en primavera y otoño de 2016 y 2017, antes y después de la quema.

En julio de 2016 se realizaron quemados en cuatro de estos monolitos, incrementando el combustible en dos de ellos para lograr una mayor intensidad de quemado, quedando dos como control (Figura 2). Los valores de intensidad, duración y severidad de quema caracterizados por la temperatura alcanzadas sobre la superficie del suelo y a 2 cm de profundidad medidas con termopares TC6-K almacenados mediante en dataloggers protegidos del fuego (HOBO Temperature Data Logger UX120-006M). También se obtienen datos de la variación del peso de los lisímetros que indican la disminución de biomasa y evaporación del agua durante el tiempo de quemado y rescoldo.

Para evaluar sus efectos sobre las propiedades físicas del suelo se ha diseñado un muestreo de infiltración e hidrofobicidad. Los valores de infiltración e hidrofobicidad del suelo se han caracterizado mediante medición del tiempo de penetración de la gota de agua y la Conductividad Hidráulica del Suelo con infiltrómetro de minidisco (Decagon Devices Inc), respectivamente. Para conocer el efecto de las quemados sobre estos parámetros físicos del suelo se realizaron mediciones previas a la quema, realizando un seguimiento tras las quemados (tuna semana, uno y dos meses y después del verano).



Figura 2. Quemadas de los monolitos (julio 2016) del “Ecotron forestal mediterráneo”. Detalle de una parcela durante la quema (imagen izquierda) y vista cenital de los seis monolitos una semana después de las quemadas (imagen derecha).

Para evaluar efectos sobre propiedades físicas y biológicas del suelo se ha diseñado un muestreo de respiración, infiltración e hidrofobicidad. Para obtener la respiración de suelo instalaron 6 collares de PVC en una situación fija de cada monolito, El seguimiento de la variación de respiración de suelo se lleva a cabo mediante un analizador portátil en sistema cerrado con analizador de CO₂ mediante IRGA y cámara de respiración SRC-1 (EGM-4, PPSsystem).

Hemos seguido el test del tiempo de penetración de la gota de agua (Water Drop Penetration Time, WDPT) que consiste en retirar cuidadosamente los restos orgánicos y residuos que puedan interferir en la medida, dejando expuesta la superficie mineral del suelo, poner 15 gotas de agua destilada (a 20°C) sobre la superficie del suelo en un gradiente lineal, y registrar el tiempo que necesita cada gota para su infiltración, tomando como representativo de cada suelo el promedio del tiempo requerido por el número de gotas depositadas (Doerr ,1998).

La infiltración se realizó siguiendo la metodología propuesta por Robichaud (2008), mediante el uso del infiltrómetro de disco colocado a 2 cm de profundidad, registrando el volumen a intervalos de tiempo regulares mientras el agua se infiltra para realizar para calcular el valor de la conductividad hidráulica (cm s⁻¹).

3. Resultados y discusión

En los monolitos donde se aportó baja carga de combustible (baja severidad de quemado) se obtuvo una temperatura media máxima de 595°C sobre suelo y 289°C bajo suelo, siendo el tiempo en el que se superaron los 100°C de 6,5 horas y de 7 horas bajo suelo. En los de alta carga de combustible (alta severidad de quemado) la temperatura media máxima fue de 547°C sobre suelo y 132°C bajo suelo, siendo el tiempo de en el que se superaron los 100°C de 17 min y de 10 min bajo suelo. La reducción de peso registrada por los lisímetros de pesada hasta quince minutos tras la ignición fue de 20,5±1,5 kg en los monolitos de alta carga de combustible (alta severidad), 9,75±0,25 kg en los de baja carga (baja severidad), siendo prácticamente nula en los monolitos control.

Los transectos lineales mostraron una riqueza florística de 23 especies (Figura 3), no existiendo diferencias significativas entre distintos monolitos. El muestreo se repetirá a final de primavera 2017

para conocer la influencia de las severidades de quemas en la recuperación de la vegetación, arrojando luz sobre la afección a su banco de semillas en suelo o capacidad de rebrote.

Aegilops triuncialis
Aphyllanthes monspeliensis
Argyrolobium zanonii
Atractylis humilis
Avenula bromoides
Brachypodium retusum
Centaurea antennata
Centaurea aristata
Crepis vesicaria
Eryngium compestre
Fumana ericoides
Genista scorpius
Helianthemum cinereum
Juniperus phoenicea
Lactuca serriola
Leuzea conifera
Linum suffruticosum
Pinus halepensis
Rosmarinus officinalis
Scorzonera angustifolia
Stachelina dubia
Stipa sp.
Teucrium capitatum
Thymus vulgaris



Figura 3. Especies localizadas en los monolitos obtenidos de un pinar (*P. halepensis*) en el SE de la Península Ibérica, cerca de la localidad de Ayna (Albacete).

Mediante el análisis de los resultados obtenidos con la cámara de respiración, se obtuvo el flujo de emisión del CO₂ del suelo (efflux, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), comparando valores pre y post-incendio (Figura 4). El análisis de análisis de varianza simples (mediante método LSD) indica que el efflux disminuyó tras la quema, aunque un mes después (en agosto) los valores cayeron en todas las zonas monitorizadas. Dos meses después, tras las lluvias de final de verano, el efflux de la zona quemada con alta severidad fue significativamente mayor.

La hidrofobicidad del suelo medida mediante el test del tiempo de penetración de la gota de agua (Water Drop Penetration Time, WDPT), nos indica que a pesar de no existir diferencias significativas ni antes de la quema ni el primer mes tras quema, después del verano (dos meses tras incendio) se produjo un aumento significativo en los monolitos sometidos a alta severidad (Figura 5). (Figura 6), se observa una disminución de la infiltración cuanto mayor es la severidad, efecto que no se atenuado en el tiempo.

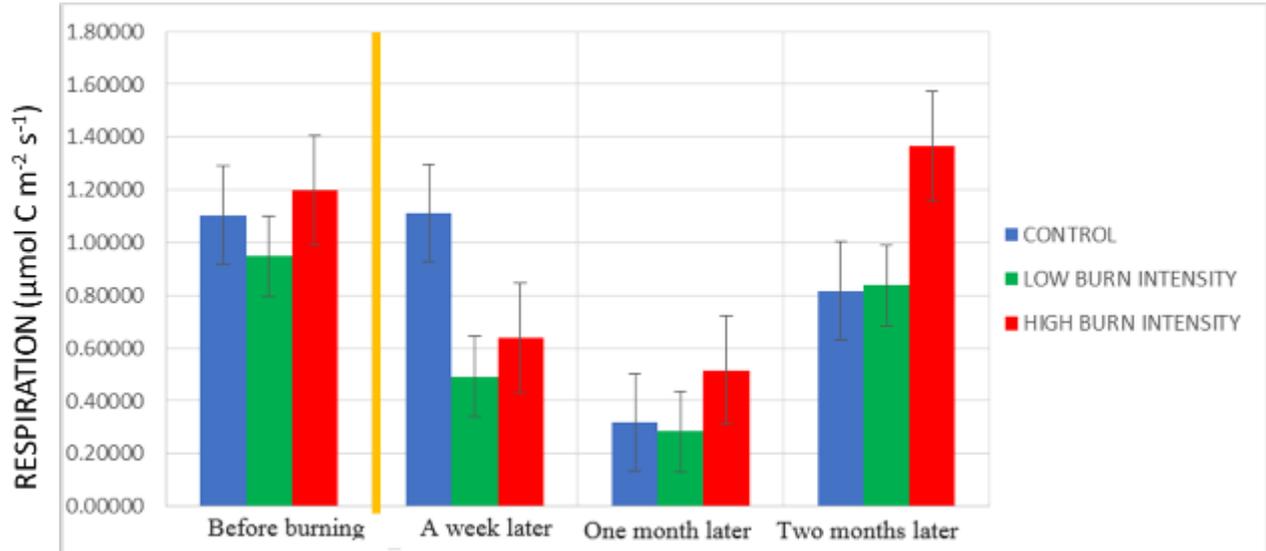


Figura 4. Análisis de varianza simple (one-way Anova) para los valores de actividad de flujo de emisión del CO₂ del suelo (Efflux, µmol CO₂ m⁻² s⁻¹) en los monolitos del Ecotron forestal mediterráneo antes y después de quemas realizadas a dos severidades de quemado.

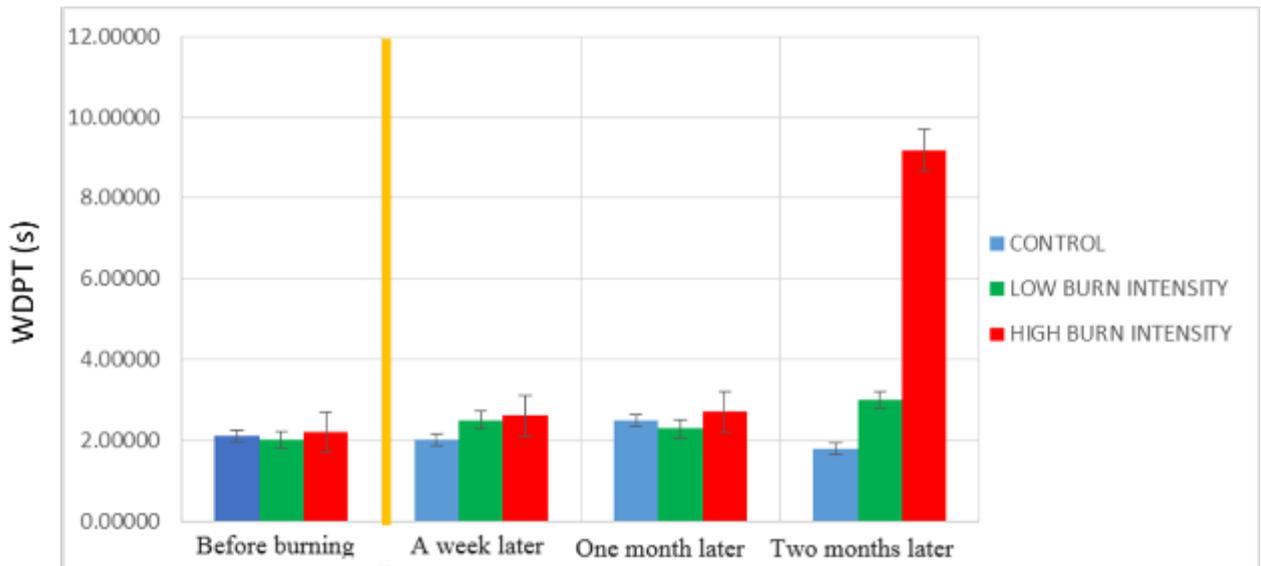


Figura 5. Análisis de varianza simple (one-way Anova) para los valores de tiempo de penetración de la gota en el suelo (WDPT, s) en los monolitos del Ecotron forestal mediterráneo antes y después de quemas realizadas a dos severidades de quemado.

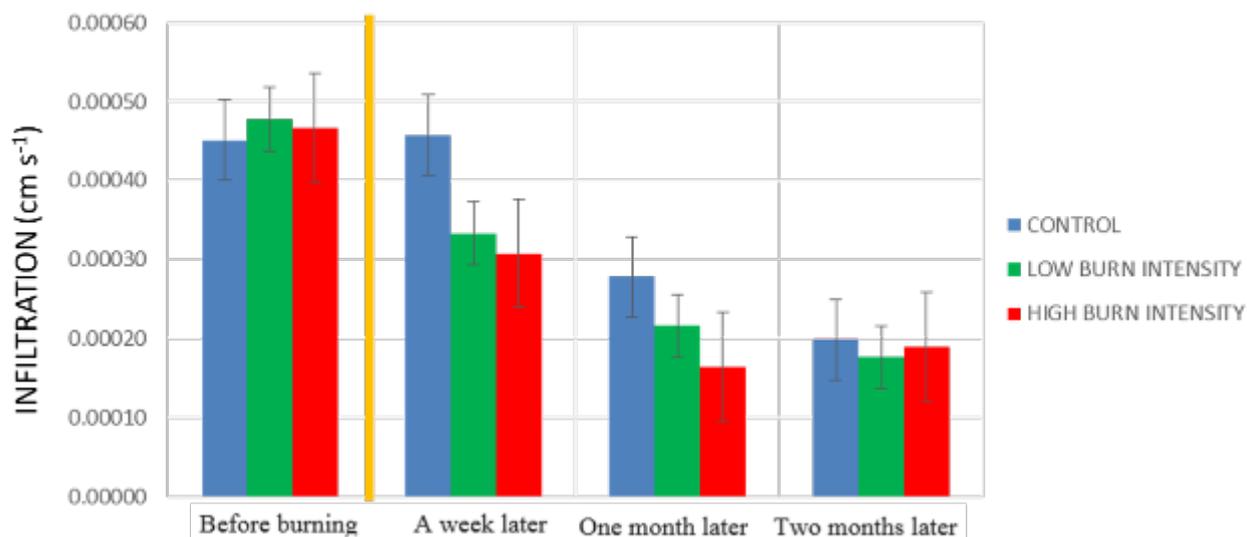


Figura 6. Análisis de varianza simple (one-way Anova) para los valores de infiltración medida mediante conductividad hidráulica (cm s^{-1}) en los monolitos del Ecotron forestal mediterráneo antes y después de quemas realizadas a dos severidades de quemado.

Aunque nos encontramos en las fases iniciales del estudio, los resultados indican que las quemas de baja severidad no ocasionan alteraciones significativas sobre respiración e hidrofobicidad en las zonas quemadas con baja severidad, aunque parece que se recuperan los valores en el corto plazo. Sin embargo, la alta severidad sí que afecto respiración, hidrofobicidad e infiltración de suelo, y excepto para el último parámetro sin recuperación en al menos dos meses tras la quema.

4. Conclusiones

La planta piloto “Ecotron forestal Mediterráneo (ecotron-MedFor)” es una potente herramienta de medición y control de diversas variables que caracterizan la interfaz suelo-planta-atmosfera, implementándose constantemente nuevos parámetros. Se obtiene así una herramienta versátil y que puede ser fácilmente adaptada a los distintos requerimientos que sean exigidos según el objetivo del estudio. Este diseño conecta y refuerza las conclusiones de los experimentos de campo y de laboratorio, reproduciéndolos en ambas escalas simultáneamente. Los resultados indican que las quemas de baja severidad no ocasionan alteraciones significativas sobre los parámetros estudiados ya que se atenúan rápidamente en el tiempo. En las quemas de mayor severidad se modifican en gran medida los parámetros estudiados (cambios físico-químicos, incremento de la hidrofobicidad, disminución de la respiración de suelo y disminución de la infiltración), siendo sus efectos más persistentes en el tiempo.

Los resultados obtenidos en el medio plazo permitirán analizar la vulnerabilidad y la resiliencia de las réplicas de ecosistemas en diversos escenarios de incendio forestal, ayudando a conocer el efecto de la severidad sobre las características biológicas de los suelos forestales. La validación de experimentos llevados a cabo desde la microescala hasta la macroescala ayudarán a los administradores forestales a establecer criterios para la conservación, prevención y mitigación de los grandes incendios forestales de alta seriedad, en los sistemas forestales del SE Peninsular.

5. Agradecimientos

Agradecemos a los Servicios Forestales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha el apoyo y colaboración en la obtención de los monolitos. También a los fondos procedentes del Programa de Infraestructura y Plan Propio de Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha e Instituto Nacional de Investigación Agraria (proyecto GEPRIF (RTA2014-00011-C06)).

6. Bibliografía

AROCENA, J. & OPIO, C.; 2003. Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. *Geoderma*, 113, pp. 1–16

DEBANO, L.F.; KRAMMES, J.S.; 1966. Water repellent soils and their relation to wildfire temperatures. *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Bull.*, 11, pp. 14–19

DOERR, S.H.; 1998: On standardizing the ‘water drop penetration time’ and the ‘molarity of an ethanol droplet’ techniques to classify soil hydrophobicity: A case study using medium textured soils. *Earth Surf. Processes Landforms* 23, 663-668.

FERNANDES, P.M.; DAVIES, G.M.; ASCOLI, D.; FERNÁNDEZ, C.; MOREIRA, F.; RIGOLOT, E.; STOOFF, C.R.; VEGA, J.A.; MOLINA, D.; 2013. Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: e4–e14

JORDÁN, A.; GONZÁLEZ, F.A.; ZAVALA, L.M.; 2010. Re-establishment of soil water repellency after destruction by intense burning in a Mediterranean heathland (SW Spain). *Hydrological Processes* 24 (6), 736-748

KENT, M. & COKER, P. 1994. *Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach.* Wiley, Chichester, UK.

LÓPEZ-SERRANO, F.R.; RUBIO, E.; DADI, T.; MOYA, D.; ANDRÉS-ABELLÁN, M.; GARCÍA-MOROTE, F.A.; MIETTINEN, H.; MARTÍNEZ-GARCÍA, E.; 2016. Influences of recovery from wildfire and thinning on soil respiration of a Mediterranean mixed forest. *Science of the Total Environment* 573:1217-1231

LUCAS-BORJA, M.E.; MADRIGAL, J.; CANDEL-PÉREZ, D.; JIMENEZ, E.; MOYA NAVARRO, D.; DE LAS HERAS, J.; GUIJARRO, M.; FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; HERNANDO, C.; 2016. Effects of prescribed burning, soil preparation and seed predation on natural regeneration of Spanish black pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) in pure and mixed forest stands. *Forest Ecology and Management*, 378: 24–30.

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

WESSEL, A.T.; 1988: On using the effective contact angle and the water drop penetration time for classification of water repellency in dune soils. *Earth Surf. Proc. Land.* 13, 555–561