



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

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



Potencial de recuperación post-fuego a medio plazo de *Pinus pinaster* en la Sierra del Teleno en función de la frecuencia de incendios

ROMEO, K.L., PINTO, R., VALBUENA, L., TÁRREGA, R. Y CALVO, L.

Área de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León.

Resumen

Los pinares de *Pinus pinaster* de La Sierra del Teleno se han visto históricamente afectados por numerosos incendios de escasa extensión. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado la recurrencia y se han producido dos grandes incendios (en 1998 y 2012), probablemente consecuencia del cambio en las condiciones climáticas y en la gestión del pinar. El objetivo de este estudio es determinar el efecto de la recurrencia del fuego sobre el potencial reproductor de *Pinus pinaster*. Se seleccionaron zonas quemadas por un solo incendio (2012) en los últimos 30 años, y zonas quemadas por dos incendios (1998 y 2012). El muestreo se realizó a los 6 años desde el último incendio. Se estimó la cobertura de las especies arbustivas y se llevó a cabo un estudio más detallado de los parámetros poblacionales de la población de *P. pinaster*. Los resultados ponen de manifiesto que la cobertura de las especies de matorral es mayor en las zonas quemadas dos veces. Por el contrario, los pinos presentan un patrón opuesto. Tanto sus características morfológicas (edad, altura y diámetro), como sus características reproductivas (número y tamaño de piñas y porcentaje de germinación de los piñones) son mayores en las zonas quemadas una sola vez. Pese al efecto negativo de la recurrencia de incendios, cabe destacar la extraordinaria precocidad reproductora de los pinos estudiados, que producen piñones viables, aunque en una proporción muy pequeña, desde los 4 años.

Palabras clave

Germinación, pino resinero, piñas, recurrencia de incendios.

1. Introducción

Los incendios forestales han sido habituales en las regiones de clima mediterráneo, modelando su paisaje y determinando las características adaptativas de las especies (TRABAUD, 1987, TABOADA *et al.*, 2017). Sin embargo, en las últimas décadas, como consecuencia del abandono de los usos tradicionales y del cambio climático, se ha producido una modificación en el régimen de incendios, aumentando su recurrencia, extensión y severidad (FERNÁNDEZ-GARCÍA *et al.*, 2018), lo que puede comprometer la capacidad de recuperación incluso en especies adaptadas al fuego.

Entre las masas forestales más afectadas por los incendios en la Península ibérica se encuentran los pinares de *Pinus pinaster* (FERNANDES & RIGOLOT, 2007; VEGA *et al.*, 2010). Como la mayoría de los pinos, su recuperación depende exclusivamente de la disponibilidad y supervivencia de sus semillas. En este sentido, una de las principales adaptaciones al fuego es la presencia de piñas serótinas, capaces de mantenerse en la copa con piñones viables durante más de 30 años (TAPIAS *et al.*, 2004). Los pinares de la Sierra del Teleno (suroeste de la provincia de León), han estado sometidos históricamente a una elevada frecuencia de incendios, causados en gran parte por tormentas eléctricas, asociadas a la sequía estival (REY y RUIZ, 2005; SANTAMARÍA, 2015). Por ello, esta población se caracteriza por una proporción particularmente alta de este tipo de piñas, así como por presentar floración precoz (TAPIAS *et al.*, 2004; SÁNCHEZ, 2005). En esta zona se observó una gran densidad de plántulas después del gran incendio de 1998, lo que garantizaba una buena recuperación, aunque con elevada heterogeneidad espacial (CALVO *et al.*,

2008). Sin embargo, el incremento en la frecuencia de fuegos puede determinar una disminución de su resiliencia, incluso en las poblaciones más adaptadas (FERNANDES *et al.*, 2004, LUCAS-BORJA *et al.*, 2016).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto de la recurrencia de los incendios sobre el potencial reproductor de *Pinus pinaster*. En concreto, se pretende comparar la recuperación de la población de pino en la Sierra del Teleno (León) en zonas quemadas por un único incendio (2012) o por dos incendios (1998 y 2012) en los últimos 30 años. Se pretende además establecer a qué edad comienza la producción de piñones fértiles, por lo que se estudian las características reproductivas de los pinos regenerados tras el último incendio: número y tamaño de las piñas, número y tamaño de los piñones y su capacidad de germinación, y su relación con su edad y tamaño.

3. Metodología

El estudio se realizó en la Sierra del Teleno (suroeste de la provincia de León). La precipitación anual es de unos 700 mm, el régimen termométrico es templado-fresco, con unas temperaturas medias anuales en torno a los 10°C, correspondiendo estos datos con el Supramediterráneo medio (RIVAS-MARTÍNEZ, 2007). El suelo es tipo cambisol (JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 1987). Esta zona se ha caracterizado históricamente por una elevada frecuencia de incendios, pero la zona quemada solía ser pequeña (REY y RUIZ, 2005). El primer gran incendio ocurrió en 1998, quemando 30 km². En agosto de 2012 se produjo el segundo gran incendio, de mayor extensión, que quemó un total de 117,75 km², de los cuales 19,2 km² también habían sido afectados por el incendio de 1998 (FERNÁNDEZ-MANSO *et al.*, 2016).

Se seleccionaron zonas quemadas solo una vez (incendio de 2012, denominadas Q1) y zonas quemadas dos veces (incendios de 1998 y 2012, Q2). En las primeras, antes del último incendio, los pinos tenían una edad mínima de 30 años, mientras que en las segundas tenían como mucho 14 años. El muestreo se realizó en otoño de 2018. En cada tipo de situación se estudiaron 10 transectos de 20 m x 1 m, con dirección este-oeste, separados entre sí unos 20 m. Dentro de cada transecto, se realizó un muestro en 10 unidades de 1 m², distribuidas de forma alterna, estimando la cobertura visual de *Pinus pinaster* y de las especies de matorral presentes en el sotobosque. Además, con el fin de realizar el estudio de las características morfológicas de los ejemplares de *Pinus pinaster* y su potencial reproductor, en cada transecto se seleccionaron, siempre que fuera posible, 10 ejemplares de pino con piñas. En aquellos casos donde no había 10 pinos en el interior del transecto se utilizaron los más próximos al mismo. En cada ejemplar de *Pinus pinaster* se midió la altura, el diámetro del tronco en su base, se identificó la edad y en el caso de que tuviera piñas, se contabilizaron y se llevaron al laboratorio donde se pesaron.

Posteriormente, las piñas se calentaron a 65°C durante 15 días, siguiendo la metodología establecida por REYES & CASAL (2002), para lograr su apertura y la liberación de los piñones. Se contabilizó el número de piñones de cada piña, midiendo el peso de cada piñón, su grosor y diámetro máximo y mínimo (para calcular su volumen). Tras el registro de sus características, los piñones, identificados por piña y ejemplar de *Pinus pinaster*, se sembraron en placas Petri sobre papel de filtro y se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 20°C y fotoperiodo de 12 h. Semanalmente se realizó el riego con agua destilada y el conteo de los piñones que germinaban. El seguimiento se llevó a cabo durante 30 días.

Con el fin de determinar si existían diferencias en la cobertura de especies de matorral y en las características de los pinos regenerados (cobertura, altura, diámetro, edad, número de piñas y número de piñones) en función de la recurrencia de incendios, se realizó el test de Mann-Whitney,

por apartarse significativamente los datos de la distribución normal. Para relacionar el tamaño y la edad de los pinos con el número y tamaño de las piñas y con el número medio de piñones por piña se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, incluyendo en este análisis sólo los ejemplares de pino con piñas. Se utilizó este mismo coeficiente para relacionar las características de las piñas de las que fue posible obtener piñones con las características de los pinos de procedencia, así como con el número de piñones, su tamaño y su porcentaje de germinación. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa PAST3.18 (HAMMER *et al.*, 2001).

4. Resultados

Se observa que la cobertura de pino es mayor en las zonas quemadas una única vez respecto a las quemadas por los dos incendios (Figura 1). En las primeras, la cobertura media oscila entre 15 y 60% y en las segundas entre 1 y 13%. Lo contrario se observa en la cobertura de las especies de matorral, mayor en las zonas quemadas dos veces (entre 84 y 100%) que en las quemadas una vez (entre 9 y 75%). En ambos casos, las diferencias son estadísticamente significativas ($p < 0,001$).

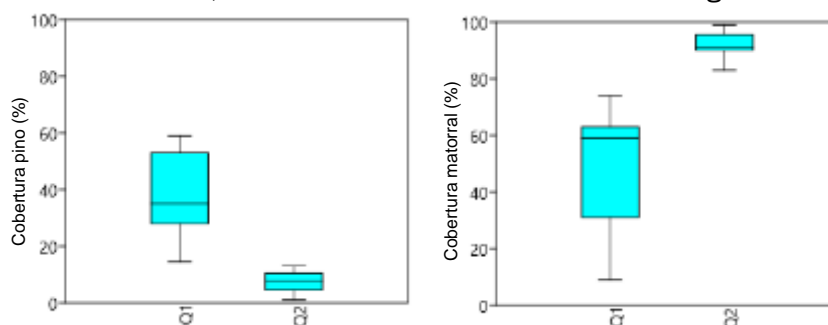


Figura 1. Porcentaje de cobertura media por transecto de pino y de matorral en las zonas quemadas solo una vez (Q1) y dos veces (Q2)

El número de pinos medidos en las zonas Q1 fue de 100 (el máximo establecido de 10 por transecto), mientras que las zonas Q2 solo se encontraron 60 pinos. Su edad y tamaño (altura y diámetro) era significativamente mayor ($p < 0,001$ en los tres casos) en las zonas Q1, aunque en ambas zonas existía gran variabilidad (Figura 2). Se encontró algún ejemplar de 1 o 2 años, aunque la mayoría tenían entre 3 y 5 años en Q1 y entre 2 y 3 en Q2.

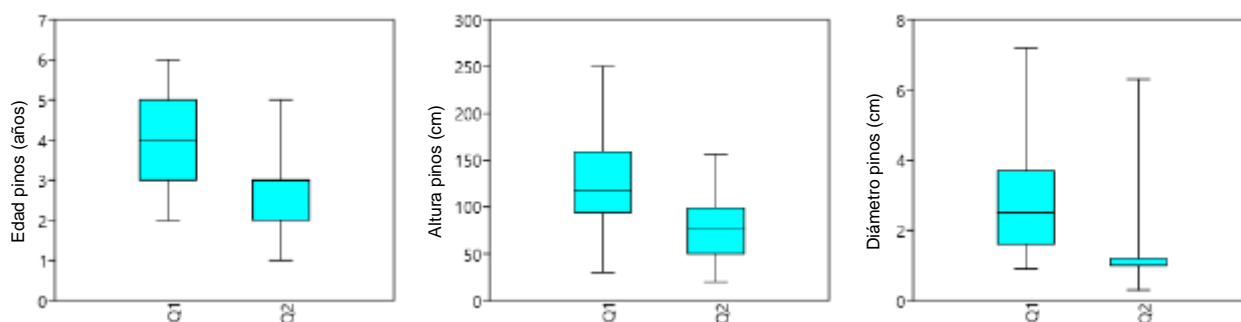


Figura 2. Edad, altura y diámetro de los pinos regenerados en las zonas quemadas solo una vez (Q1) y dos veces (Q2)

En cuanto a las características reproductoras, se encontraron piñas en 32 de los 100 árboles medidos en la zona Q1, con un total de 57 piñas. De ellas, sólo 19 dieron piñones, un total de 1003, con una tasa media de germinación del 24,5%. En la zona Q2 solo se encontraron piñas en un único pino, con un total de 3 piñas, de las que se extrajeron 132 piñones, pero solo 2 germinaron. Comparando el número de piñas y piñones por transecto (20 m²) entre ambas zonas, se observan diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,003$ y $p = 0,02$, respectivamente) y se pone de manifiesto una gran variabilidad (Figura 3), incluso en la zona quemada solo por el último incendio.

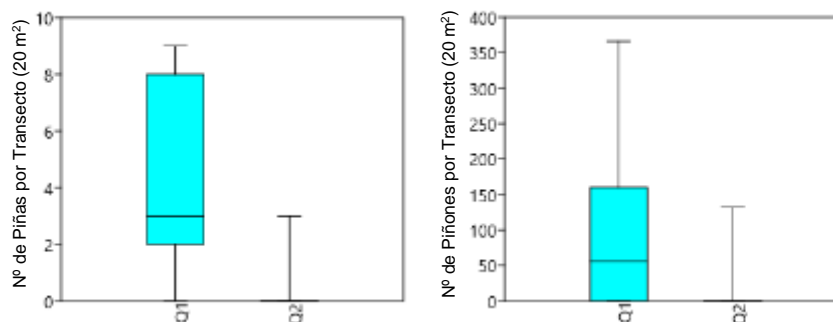


Figura 3. Comparación del número de piñas y número de piñones por transecto de 20 m² en las zonas quemadas solo una vez (Q1) y dos veces (Q2)

Se observa una correlación positiva entre la edad y el tamaño de los pinos (altura y diámetro) y el número de piñas producidas ($p < 0,05$ en los tres casos). Cuando se analizan los resultados teniendo en cuenta solo las piñas de las que fue posible extraer piñones y los pinos de procedencia (Tabla 1), se observa una correlación significativa entre el peso de las piñas con la edad y el diámetro de los pinos, pero no se detecta relación entre la edad y el tamaño de los árboles regenerados con las características de los piñones (número, peso, volumen y % de germinación). Las piñas de mayor peso presentan un mayor número de piñones y estos son de mayor volumen, aunque existe gran variabilidad. Por ejemplo, se encontró una piña de casi 90 g, que no tenía un gran número de piñones, pero éstos eran de gran tamaño (Figura 3). El porcentaje de germinación solo se correlaciona significativamente con el tamaño (peso y volumen) de los piñones. Para las edades consideradas (de 4 a 6 años) no se aprecia ninguna tendencia. Cabe destacar que los piñones procedentes de algunas piñas de pinos de 4 y 5 años presentaron una tasa de germinación del 70% (Figura 4).

Tabla 1. Resultados del análisis de correlación (coeficiente de Spearman) entre la edad, altura y diámetro de los pinos y el peso de las piñas, número de piñones por piña, peso y volumen de los piñones (valores medios para cada piña) y porcentaje de germinación. Para este análisis se incluyen solo las piñas de las que se obtuvieron piñones (22 piñas) y los ejemplares de pino de los que procedían. Se señalan en negrita y con asterisco las correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

	EDAD PINOS	ALTURA PINOS	DIAMETRO PINOS	PESO PIÑAS	Nº DE PIÑONES	PESO PIÑONES	VOLUMEN PIÑONES
ALTURA PINOS	0,642*						
DIÁMETRO PINOS	0,541*	0,618*					
PESO PIÑAS	0,581*	0,363	0,531*				
Nº DE PIÑONES	0,251	0,370	0,274	0,437*			
PESO PIÑONES	0,073	0,260	-0,028	0,369	0,129		
VOLUMEN PIÑONES	0,263	0,353	0,081	0,536*	0,384	0,894*	
GERMINACIÓN (%)	-0,203	0,267	0,104	0,205	0,272	0,617*	0,534*

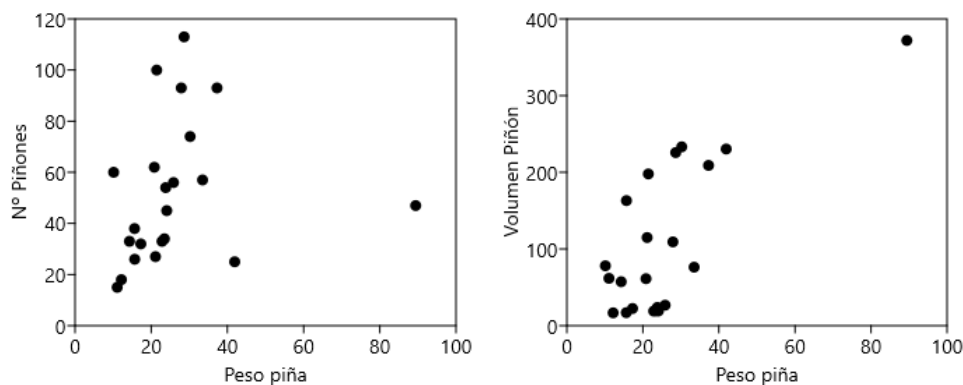


Figura 3. Relación entre el peso de las piñas (g) y el número y volumen de los piñones (mm^3).

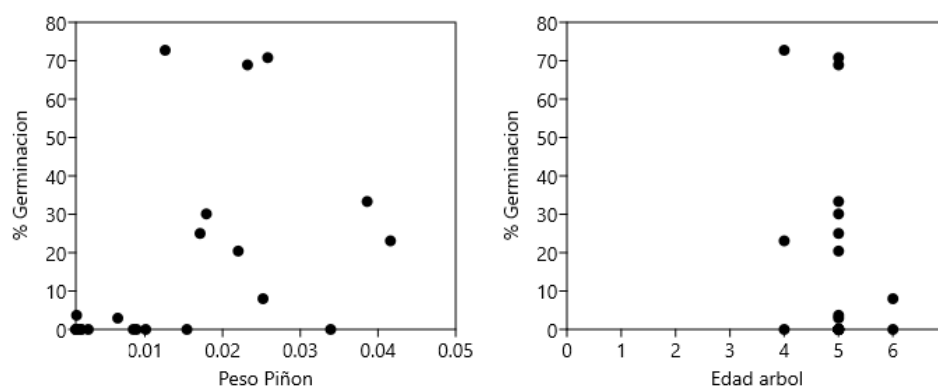


Figura 4. Relación entre el peso medio de los piñones de cada piña (g) y su porcentaje de germinación y entre la edad (años) de los pinos de procedencia de las piñas con piñones y el porcentaje de germinación de sus piñones.

5. Discusión

La mejor recuperación del pino en las zonas quemadas solo por el incendio de 2012, que llevaban al menos 30 años sin sufrir incendios, respecto a los quemados dos veces en menos de 15 años, es coherente con los resultados encontrados en esta misma zona en estudios previos (FERNÁNDEZ-GARCÍA *et al.*, 2019), así como en otras zonas de la Cuenca mediterránea (TESSLER *et al.*, 2014). La mayor cobertura de especies de matorral en las zonas de mayor recurrencia del fuego se explica por la mejor adaptación de estas especies, en su mayoría rebrotadoras y por tanto no dependientes del tiempo post-incendio para alcanzar su madurez reproductora (TABOADA *et al.*, 2018). Además, los pinos de la zona quemada una vez son de mayor tamaño y edad que los de la zona quemada dos veces. En otros estudios se ha demostrado que un aumento en la recurrencia de los incendios produce un descenso en el crecimiento de los ejemplares de pino (TAPIAS *et al.*, 2001; SANTANA *et al.*, 2016), llegando a afectar su capacidad de almacenamiento de carbono.

Cabe destacar la precocidad reproductiva de esta población de *Pinus pinaster*, capaz de producir piñas con piñones fértiles a partir de los 4 años. TAPIAS *et al.* (2004) ya habían señalado los pinos de Tabuyo del Monte como de floración precoz (de 4 a 10 años). Sin embargo, la proporción es muy baja, sólo se encontraron piñas en un 32% de los árboles de la zona Q1, pese a que el muestreo no fue aleatorio, si no que se seleccionaron específicamente los que tenían piñas. Además, de las 57 piñas encontradas sólo 19 dieron piñones. Aunque no fue posible relacionar directamente las características del árbol parental con las características de los piñones, sí se observa una relación indirecta a través del número y peso de las piñas, claramente correlacionados con el tamaño (peso y volumen) de los piñones, lo que a su vez se relaciona con su tasa de germinación. La relación entre la edad y el tamaño de los pinos y su potencial reproductivo coincide

con lo que se ha observado en otros estudios (ESCUADERO *et al.*, 2000; ÁLVAREZ *et al.*, 2005; FERNANDES & RIGOLOT, 2007). El porcentaje de germinación de los piñones fue muy variable, superando el 70% en algún caso, con una media del 25%. Esta tasa de germinación es inferior a la encontrada en poblaciones adultas de esta especie, que es muy variable entre poblaciones, entre 30-95% (TAPIAS *et al.*, 2004), siendo de un 80% en la Sierra del Teleno (TORRES *et al.*, 2006).

El menor número de pinos, de menor tamaño y edad, en la zona quemada dos veces determinó que sólo se encontrara un único pino con 3 piñas, de las que solo germinaron 2 piñones. Por tanto, parece claro que un intervalo de incendios de menos de 15 años afecta negativamente la capacidad de recuperación de esta especie. Aunque se producen piñas con piñones viables desde edades muy tempranas (4 años), la proporción es mucho menor que cuando se ha alcanzado la madurez reproductora. Además, existe una gran variabilidad, incluso en la zona quemada solo una vez, tanto en el tamaño de los pinos regenerados como en su producción de piñas y piñones. Por ello, la recurrencia y el tiempo desde el último incendio son dos factores clave a considerar en la planificación de la gestión post-fuego de estos pinares.

6. Conclusiones

Se observa una mejor recuperación de *Pinus pinaster* en las zonas que habían sufrido un único incendio en los últimos 30 años. La cobertura de pino es significativamente más alta y los ejemplares son de mayor edad y tamaño. Además, hay mayor producción de piñas y piñones y mayor tasa de germinación. Pese a que la proporción es muy baja, cabe destacar la extraordinaria precocidad de esta población, capaz de producir piñones viables a partir de los cuatro años. Sin embargo, está claro que el incremento en la recurrencia de incendios, o la disminución del tiempo entre incendios consecutivos en la misma zona, puede comprometer seriamente su recuperación natural, puesto que en la zona quemada dos veces habían pasado 14 años desde el último incendio y aunque existe regeneración ésta no es suficiente para remplazar la masa original.

7. Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España, y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), en el marco de los proyectos GESFIRE (AGL2013-48189-C2-1-R) y FIRESEVES (AGL2017-86075-C2-1-R); y por la Junta de Castilla y León en el marco de los proyectos FIRECYL (LE033U14), SEFIRECYL (LE001P17) y WUIFIRECYL (LE005P20).

8. Bibliografía

ÁLVAREZ, R.; VALBUENA, L.; CALVO, L.; 2005. Influence of tree age on seed germination response to environmental factors and inhibitory substances in *Pinus pinaster*. *International Journal of Wildland Fire* 14(3) 277-284.

CALVO, L.; SANTALLA, S.; VALBUENA, L.; MARCOS, E.; TÁRREGA, R.; LUIS-CALABIUG, E.; 2008. Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecol.* 197 81-90.

ESCUADERO, A.; NUÑEZ, Y.; PEREZ-GARCÍA, F.; 2000. Is fire a selective force of seed size in pine species?. *Acta Oecologica* 21 245-256.

FERNANDES, P.; LOUREIRO, C.; BOTELHO, H.S.; 2004. Fire behaviour and severity in a maritime pine stand under differing fuel conditions". *Ann. For. Sci.* 61 537-544.

FERNANDES, P.M.; RIGOLOT, E.; 2007. The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *For. Ecol. Manage.* 241 1-13.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; MIESEL, J.; BAEZA, M. J.; MARCOS, E.; CALVO, L.; 2018. Wildfire effects on soil properties in fire-prone pine ecosystems: Indicators of burn severity legacy over the medium term after fire. *Applied Soil Ecology* 135 147-156.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; MARCOS, E.; FERNÁNDEZ-GUISURAGA, J. M.; TABOADA, A.; SUÁREZ-SEOANE, S.; CALVO, L.; 2019. Impact of burn severity on soil properties in a *Pinus pinaster* ecosystem immediately after fire. *International Journal of Wildland Fire* 28(5) 354-36.

FERNÁNDEZ-MANSO, A.; QUINTANO, C.; ROBERTS, D.; 2016. Burn severity influence on post-fire vegetation cover resilience from Landsat MESMA fraction images time series in Mediterranean forest ecosystems. *Remote sensing of environment* 184 112–123.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D.; 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4(1) 9.

JUNTA DE CASTLLA Y LEÓN; 1987. Mapa de suelos de Castilla y León. Junta de Castilla y León.

LUCAS-BORJA, M. E.; AHRAZEM, O.; CANDEL-PÉREZ, D.; MOYA, D.; FONSECA, T.; HERNÁNDEZ TECLES, E.; DE LAS HERAS, J.; GÓMEZ-GÓMEZ, L.; 2016. Evaluation of fire recurrence effect on genetic diversity in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) stands using Inter-Simple Sequence Repeat profiles. *Science of The Total Environment* 572 1322-1328.

REY, E.; RUIZ, I.; 2005. Los incendios forestales en los montes del Teleno en el periodo 1983-2002. En: RUIZ, I.; VAN DEN BERCKEN, E. (eds.): Restauración de áreas afectadas por grandes incendios. El caso particular del Teleno. 56-72. Junta de Castilla y León. León.

REYES, O.; CASAL, M.; 2002. Effect of high temperatures on cone opening and on the release and viability of *Pinus pinaster* and *Pinus radiata* seeds in NW Spain. *Ann. For. Sci.* 59 327-334.

RIVAS-MARTÍNEZ, S.; 2007. Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España. *Itinera Geobotánica* 17 1-436.

SÁNCHEZ, P.; 2005. La comarca de la Sierra del Teleno. Perspectiva geográfica, ecológica e histórica. En: RUIZ, I.; VAN DEN BERCKEN, E. (eds.): Restauración de áreas afectadas por grandes incendios. El caso particular del Teleno. 19-31. Junta de Castilla y León. León.

SANTAMARÍA, J.E.; 2015. El pino pinaster de la Sierra del Teleno. Historia, ordenación, crecimiento y producción. Tesis doctoral. Universidad de León.

SANTANA, V. M., GONZÁLEZ-PELAYO, O., MAIA, P. A. A., VARELA T., M. E., VALDECANTOS, A., RAMÓN VALLEJO, V. Y KEIZER, J.; 2016. Effects of fire recurrence and different salvage logging techniques on carbon storage in *Pinus pinaster* forests from northern Portugal. *Eur. J. Forest Res.* 135(6) 1107-1117.

TABOADA, A.; TÁRREGA, R.; MARCOS, E.; VALBUENA, L.; SUÁREZ-SEOANE, S.; CALVO, L.; 2017. Fire recurrence and emergency post-fire management influence seedling recruitment and growth by altering plant interactions in fire-prone ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 402 63-75.

TABOADA, A.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; MARCOS, E.; CALVO, L.; 2018. Interactions between large high-severity fires and salvage logging on a short return interval reduce the regrowth of fire-prone serotinous forests. *For. Ecol. Manage.* 414 54-63.

TAPIAS, R.; GIL, L.; FUENTES-UTRILLA, P.; PARDOS, J.A.; 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of south-eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *Journal Ecology* 89 629-638.

TAPIAS, R.; CLIMENT, J.; PARDOS, J.A.; GIL, L.; 2004. Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecol.* 171 53-68.

TESSLER, N.; WITTENBERG, L.; PROVIZOR, E.; GREENBAUM, N.; 2014. The influence of short-interval recurrent forest 22 fires on the abundance of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) on Mount Carmel, Israel. *For. Ecol. Manage.* 324 109-116.

TORRES, O.; CALVO, L.; VALBUENA, M.L.; 2006. Influence of high temperatures on seed germination of a special *Pinus pinaster* stand adapted to frequent fires. *Plant Ecol.* 186 129-136.

TRABAUD, L.; 1987. Fire and survival traits of plants. En: TRABAUD, L. (ed.): The role of fire in ecological systems. 65-89. SPB Academic Publishing. The Hague Netherlands.

VEGA, J.A.; FERNÁNDEZ, C.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; FONTURBEL, T.; 2010. The influence of fire severity, serotiny, and post-fire management on *Pinus pinaster* Ait. Recruitment in three burnt areas in Galicia (NW Spain). *For. Ecol. Manage.* 256 1596-1603.