

CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *PINUS PINASTER* EN TEPES DE SUELO Y MANTILLO AFECTADOS POR FUEGOS DE DIFERENTE SEVERIDAD Y SU RELACIÓN CON PARÁMETROS TÉRMICOS Y EDÁFICOS

M^a Teresa Fontúrbel Lliteras¹, José Antonio Vega Hidalgo¹, Pedro Pérez-Gorostiaga¹, Margarita Alonso Santos¹, Pedro Cuiñas Olmedo¹, Cristina Fernández Filgueira¹, Enrique Jimenez Carmona¹, Carmen Hernando Lara² y Mercedes Guijarro Guzmán²

¹ Centro de Investigación e Información Ambiental-Lourizán. Apartado 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: mtfonturbel.cifal@siam-cma-org

² CIFOR-INIA. Ctra. Coruña km 7. 28040-MADRID (España). Correo electrónico: fuego@inia.es

Resumen

De dos zonas representativas de la distribución de *P. pinaster* en España, Pontevedra y Cuenca, se extrajeron tepes intactos de humus bruto y suelo que fueron tratados con dos niveles contrastados de severidad de fuego, para estudiar su influencia, y la de los cambios edáficos asociados, sobre el crecimiento de las plántulas de esta especie. Los tepes fueron sembrados con semillas de una procedencia preseleccionada y mantenidos en invernadero durante 10 meses. La altura de las plántulas de los tepes de Pontevedra tratados con fuegos severos fue significativamente menor que la de los testigos a los cinco (13%) y a los ocho meses (26%) después de la quema; a los doce meses continuó esta tendencia pero no fue significativa. En esta última fecha, la altura de las plántulas creciendo en los suelos quemados de Cuenca fue significativamente mayor que las que crecieron en suelos testigo. El diámetro basal de las plántulas no mostró diferencias entre tratamientos en ninguno de los dos suelos. La biomasa aérea se comportó de manera similar a la altura, pero sin presentar diferencias significativas en ninguna de las fechas. Se exploraron relaciones entre las variables biométricas de las plántulas y los nutrientes en el suelo, parámetros del régimen térmico durante las quemaduras y reducción del espesor del mantillo.

Palabras clave: *Biotría, Régimen térmico, Regeneración, Nutrientes*

INTRODUCCIÓN

Hay una notable escasez de trabajos de investigación sobre los factores que influyen en la regeneración de *Pinus pinaster* Ait. tras incendios forestales. En general, se considera que presenta buena regeneración, aunque en ocasiones es irregular, dependiendo de numerosos factores no bien

conocidos (VEGA, 2003; MADRIGAL, 2005; MADRIGAL et al., 2005). Entre los factores que condicionan la regeneración de esta especie tras el fuego los autores antes mencionados han destacado la importancia de la severidad del incendio en el proceso. Este factor, en combinación con los cambios en las condiciones edáficas y del microambiente del lecho de germinación puede tener

una influencia decisiva en las primeras etapas de crecimiento de las plántulas, en las que puede establecerse una alta competencia inter e intraespecífica por la luz, el agua y los nutrientes disponibles. El crecimiento en altura de las plantas puede considerarse una medida del vigor de establecimiento, ya que después del incendio, con gran cantidad de recursos liberados y libres de competencia, las plántulas que primero se instalan y crecen pueden tener ventajas sobre las que lo hacen posteriormente (CANHAM & MARKS, 1985). Esta relación entre la altura de las plántulas y su supervivencia ha sido encontrada en diferentes estudios sobre regeneración de *P. pinaster* en zonas áridas (FERNÁNDEZ et al., 2008; MADRIGAL et al., 2007) y en *P. halepensis* (THANOS et al., 1996; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 1999).

Fuegos de alta severidad pueden dar lugar a incrementos de la altura o de la biomasa aérea del regenerado de *P. halepensis*, en relación con el aporte de cenizas y una mayor disponibilidad de nutrientes (NE'EMAN et al., 1992; NE'EMAN et al., 1997; PAUSAS et al., 2002, 2003). Este efecto se ha señalado también para *P. pinaster* (VEGA, 2003). Por el contrario, otros autores han indicado que fuegos de elevada severidad pueden tener un impacto negativo en la emergencia y primeras etapas de crecimiento de las plantas debido a pérdidas de nutrientes producidas a través de la volatilización, transporte de cenizas y erosión, al efecto tóxico de las cenizas o a la degradación de la estructura del suelo (THOMAS & WEIN, 1990; NE'EMAN et al., 1993; REYES & CASAL, 2004).

El presente estudio se ha planteado con el objetivo de analizar la influencia de dos niveles de *severidad del fuego* (severidad alta: QS y severidad moderada: QH) afectando a dos suelos de características marcadamente diferentes sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus pinaster*, en relación a los cambios edáficos experimentados por ambos tipos de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos tipos de suelo representativos de dos zonas típicas en las que se asienta *Pinus pinaster* en nuestro país, Pontevedra y Cuenca. El pinar de Pontevedra tenía suelos fuertemente ácidos (pH: 4,4-5,3) desarrollados

sobre granitos, textura franco-arenosa y contenido de materia orgánica en torno al 17% y un mantillo bien desarrollado (3-6 cm), mientras que el pinar de Cuenca, tenía suelos neutros (pH: 6,6-7,3), textura franco-arcillosa, desarrollado sobre calizas decalcificadas, contenidos de materia orgánica más bajos (3,5%) y espesores de mantillo más reducidos (alrededor de 1 cm). En cada uno de estos dos lugares, se extrajeron 45 tepes (monolitos de humus bruto y suelo intactos, de 40x40x10 cm), manteniéndose en lo posible su estructura. De cada tipo de suelo se destinaron aleatoriamente 30 tepes para quemar y 15 para testigos. Mediante riego con microaspersión, en los días previos a la quema, se alcanzaron dos niveles contrastados de humedad para asegurar el diferente calentamiento del suelo durante la quema.

Para simular los niveles de alta severidad que se obtiene en la fase de rescoldo de muchos incendios, se añadió combustible forestal a los tepes antes de quemarlos en el túnel de combustión, registrándose las temperaturas desarrolladas en tres niveles de profundidad. La reducción del espesor de la capa de mantillo fue medida mediante la utilización de cuatro clavos en cada tepe, enrasados con la superficie del mantillo.

Los tepes quemados junto con los testigos se trasladaron posteriormente a un invernadero. Un mes después, se procedió a la siembra de cada tepe con 49 semillas de *Pinus pinaster* de la procedencia Sierra Bermeja, seleccionada en ensayos previos por su alta tasa y velocidad de germinación y por la homogeneidad de su respuesta. Se suministró riego diario por microaspersión a todos los tepes por igual. En noviembre, en cinco tepes de cada grupo (30 en total) se instaló un termopar a la profundidad de siembra (1 cm), recogiendo los datos cada 15 minutos, para conocer la temperatura del suelo durante la duración del ensayo.

A los tres, seis y diez meses después de la siembra, se efectuaron muestreos destructivos para evaluar algunos parámetros edáficos y la biometría de las plántulas. En las muestras de suelo se efectuaron las siguientes determinaciones: pH, % carbono oxidable, nitrógeno total, potasio, calcio y magnesio cambiables y fósforo utilizable (VEGA et al., 2005a). En las plantas desenterradas se midió la altura total, el diáme-

tro basal y biomasa aérea, en una muestra aleatoria de 10 plantas de cada tepe.

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza jerarquizados, con dos factores, tipo de suelo y tipo de quema o con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis cuando no se cumplieron los requisitos del ANOVA. Se emplearon técnicas de regresión para analizar las relaciones entre los parámetros medidos.

RESULTADOS

Combustible consumido en la quema de los tepes

Los fuegos severos de ambos tipos de suelos dieron lugar a una elevada reducción del espesor de mantillo (83,6 y 85,1%, respectivamente), siendo esta reducción significativamente mayor en las quemaduras severas que en las moderadas (58,1%) de los tepes de Pontevedra. Sin embargo, la reducción de mantillo fue también muy pronunciada en los suelos húmedos de Cuenca (81,7%), no hallándose diferencias significativas entre los tepes secos y húmedos, lo que pudo deberse a su menor espesor inicial de mantillo, en conjunción con su menor grado de humedad inicial (VEGA et al., 2005b).

Régimen térmico alcanzado durante las quemaduras

Las temperaturas máximas alcanzadas y la duración de las temperaturas mayores de 60°C, en las diferentes posiciones de medida en los

tepes, fueron significativamente más altas en las quemaduras severas que en las quemaduras moderadas en las diferentes posiciones de medida y en los dos tipos de suelo (Tabla 1). Los fuegos severos de los suelos de Pontevedra registraron los valores más elevados de los parámetros térmicos, indicando un mayor grado de penetración del calor (VEGA et al., 2005b). Estas diferencias parecen consecuencia de un mayor espesor del mantillo, de la textura arenosa y del alto contenido inicial de materia orgánica en los suelos de Pontevedra cuya combustión colaboró activamente al calentamiento.

Temperatura a 1 cm de profundidad en el suelo a lo largo del estudio

Los tepes quemados con mayor severidad en ambos tipos de suelo registraron las temperaturas medias más extremas, siendo significativamente diferentes a las de los otros dos grupos, a lo largo de todo el periodo de estudio. A su vez, los quemados moderadamente difirieron significativamente de los testigos.

Cambios en parámetros edáficos

Los fuegos severos efectuados en los suelos de Pontevedra (Tabla 2) fueron los que dieron lugar a los cambios más apreciables de los parámetros edáficos estudiados. Hubo disminuciones significativas del contenido de C oxidable y de la tasa C/N y aumentos del pH y del P utilizable, en varias fechas después del fuego. Como contraste, los cambios en los suelos de Cuenca fueron menos aparentes y solo se observaron al

	Suelo	Tipo quema	Superficie del mantillo	Superficie suelo mineral	Suelo mineral (a 2 cm de su superficie)
Temperatura máxima (°C)	A	QS	514 a (15,1)	404 a (19,5)	314 a (22,3)
		QH	163 b (32,1)	41 b (35,7)	33 b (6,8)
	B	QS	491 a (25,9)	281 a (29,0)	87 a (5,3)
		QH	382 b (22,3)	99 b (13,5)	54 b (2,4)
Tiempo T ^a >60°C (min)	A	QS	1008 a (60,5)	1068 a (65,6)	1081 a (64,0)
		QH	104 b (15,4)	56 b (11,5)	23 b (7,8)
	B	QS	155 a (24,5)	148 a (25,5)	113 a (26,7)
		QH	76 b (11,2)	37 b (8,5)	15 b (5,6)

Tabla 1. Temperaturas máximas y duraciones de temperaturas mayores de 60°C obtenidos en los fuegos experimentales de los tepes de los suelos de Pontevedra (A) y Cuenca (B), en tepes quemados severamente (QS) y quemados moderadamente (QH) en 3 posiciones de medida. Para cada tipo de suelo y parámetro medido letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de quema. Error estándar entre paréntesis

Fecha	Suelo	Trat	Hum. Suelo (%)	pH	C (g/m ²)	C/N	P (g/m ²)	Mg (g/m ²)	Ca (g/m ²)	K (g/m ²)
Feb-02	A	T	33,8 a	4,51 b	4083 a	18,1 a	0,78 b	1,9 b	2,4	2,8
		QM	24,3 b	4,54 b	4351 a	15,8 a	0,92 b	1,8 b	1,7	3,9
		QS	17,5 c	5,44 a	2199 b	10,9 b	4,16 a	5,4 a	8,1	7,6
	B	T	8,73	6,67	1673	20,4	0,46	15,1	166,8	18,4
		QM	14,22	6,81	1764	21,3	0,76	14,7	151,7	21,3
		QS	11,98	6,87	1529	18,6	1,28	13,2	150,9	23,2
May-02	A	T	28,67 a	4,40 b	4501 a	15,2 a	0,41 b	2,6	6,4	2,4
		QM	18,54 a	4,50 b	4422 a	14,9 a	1,17 b	4,9	8,3	5,1
		QS	12,83 b	4,90 a	2633 b	9,5 b	3,09 a	3,9	10,9	7,0
	B	T	9,33	6,30	2077	21,3	0,39	17,4	222,8	20,6
		QM	11,11	6,55	1803	20,9	0,86	16,6	212,5	20,3
		QS	9,53	6,31	1460	19,0	1,06	16,8	223,2	20,5
Sep-02	A	T	8,62	4,91 b	3526	15,5	0,28 b	2,2 b	4,1	1,8
		QM	15,95	4,87 b	4354	15,7	0,81 b	5,2 a	6,2	3,8
		QS	16,51	5,38 a	4090	18,2	1,47 a	4,4 ab	9,6	3,9
	B	T	10,88	6,71 b	1506	20,2	0,20 b	11,9 ab	130,0	12,4 b
		QM	7,33	6,98 ab	1271	17,0	0,55 ab	15,2 a	156,4	18,1 a
		QS	6,53	7,12 a	1156	17,2	1,11 a	12,9 b	132,6	14,4 b

Tabla 2. Humedad, pH y características químicas de los suelos (0-5 cm) de Pontevedra (A) y Cuenca (B), en tepes no quemados (T), quemados moderadamente (QM) y quemados severamente (QS) a los 3, 6 y 10 meses de la siembra. Valores medios (n=5). Para cada tipo de suelo y parámetro medido letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos

cabo del año, correspondiendo los valores mayores a las quemas moderadas. La humedad del suelo, en el momento del muestreo destructivo de los tepes, fue significativamente inferior en los suelos severamente quemados de Pontevedra respecto a los testigo, a los 3 y 6 meses de la siembra, mostrando los suelos quemados moderadamente valores intermedios. Se encontraron relaciones estadísticas significativas entre los valores de las variables edáficas, 5 meses después de quemar, con los parámetros del régimen térmico, indicando que a un régimen térmico más severo correspondían los mayores aumentos de P utilizable y pH y los descensos más pronunciados de C y C/N.

Biometría de las plantas

En los suelos de Pontevedra, a los 3 y 6 meses de la siembra, se observó una altura significativamente menor en las plántulas creciendo sobre los suelos severamente quemados con respecto a los testigos, no así en las plantas nacidas sobre suelos moderadamente quemados (Figura 1 A). A los 10 meses, continuó esa

misma tendencia pero sin observarse diferencias significativas entre tratamientos. En los suelos procedentes de Cuenca (Figura 1 B), a los 10 meses de la siembra, la altura de las plantas de los tepes quemados fue significativamente mayor que la de los suelos testigos.

Se encontraron correlaciones significativas, de tipo negativo, de la altura de las plántulas (febrero y mayo de 2002) con la cantidad de P utilizable y de la altura (febrero de 2002) con la duración de la temperatura > 60°C registrada durante la quema en la superficie del suelo en el conjunto de los tepes. Otros parámetros mostraron una respuesta diferente en ambos tipos de suelo o ausencia de relaciones. La humedad del suelo medida en las fechas de muestreo destructivo se correlacionó significativamente con la altura de las plantas de los suelos de Pontevedra, no así en los de Cuenca. El mayor rango de temperaturas medidas en el invernadero durante el experimento mostró relaciones significativas, de signo negativo, con la altura de las plántulas de los tepes de Pontevedra, para las fechas correspondientes a los 3 y 6 meses de la siembra.

No se observaron diferencias significativas en el diámetro basal de las plántulas creciendo en los tepes quemados y testigo de los suelos de Pontevedra y Cuenca (Figura 2 A y B). En general, esta variable no pareció estar relacionada con los parámetros térmicos y edáficos analizados y no se encontraron relaciones significativas similares en ambos tipos de suelo.

La *biomasa aérea* de las plantas de los tepes quemados severamente de los suelos de Pontevedra (Figura 3 A) fue significativamente menor que la de los quemados moderadamente y de los testigos a los tres meses de la siembra. A los seis y diez meses, se mantuvo esta tendencia aunque las diferencias entre tratamientos no fueron significativas. En los suelos de Cuenca (Figura 3 B), la biomasa aérea de las plántulas nacidas en los tepes quemados, a los 10 meses de la siembra, tendió a superar a la de los testigo, aunque no significativamente.

Para ambos tipos de suelo, se encontraron relaciones significativas, de signo negativo, entre la biomasa aérea y la cantidad de P utilizable y la duración de las temperaturas mayores de 60°C en la superficie del suelo y del mantillo, en febrero y mayo de 2002. También, un mayor rango de temperatura, medido en los suelos en el invernadero, afectó negativamente a la biomasa aérea de las plántulas en las 2 primeras fechas de estudio.

DISCUSIÓN

La menor altura y biomasa aéreas observadas en las plantas de los tepes quemados severamente de Pontevedra contrasta con los hallazgos de otros autores que señalan incrementos de la altura del regenerado de *P. halepensis*, 29 meses después de fuegos de alta severidad, atribuyéndolos a una posible mayor disponibilidad de nutrientes en relación con el aumento de deposición de cenizas (PAUSAS *et al.*, 2002, 2003). KENNARD & GHOLZ (2001) atribuyeron el mayor crecimiento de plántulas del bosque seco boliviano, entre 2 y 18 meses después de fuegos de alta intensidad, a que el efecto positivo debido a los incrementos de nutrientes disponibles no fue enmascarado por la degradación de la estructura del suelo. Por otro lado, OCAÑA *et al.* (2007) observaron que la altura media del regenerado de *P. pinaster*,

durante el primer año después del incendio, mostró una clara tendencia a ser menor en el área de mayor severidad. En nuestro caso, la menor altura de las plantas en los suelos de Pontevedra severamente quemados, en las dos primeras fechas, podría estar relacionada con el retraso en la emergencia observado en estos suelos (VEGA *et al.*, 2005b). Además, una alta tasa de evaporación del agua del suelo, motivada por algunos factores tales como el menor espesor de la capa de mantillo, la textura arenosa, la temperatura ambiente del suelo más extrema y quizá otros factores de degradación del suelo originados por las altas temperaturas soportadas durante la quema, pudieron contribuir a estos resultados. DEBANO *et al.* (1998) señalaron que temperaturas superiores a 250°C alteran la estructura del suelo y la capacidad de retención de agua y de humectación del suelo. En los suelos de Pontevedra quemados severamente se superaron estas temperaturas a 2 cm de profundidad del suelo.

El incremento de la altura de las plantas en los tepes quemados de Cuenca, a los 10 meses de la siembra, no tuvo una clara explicación, ya que no es probable que con las temperaturas alcanzadas en el suelo durante las quemas se produjera una alteración de la estructura del suelo y de sus propiedades físicas.

Las correlaciones negativas encontradas entre la altura y la cantidad de algunos nutrientes disponibles sugieren que la alteración de otras propiedades del suelo pudo tener un efecto de mayor importancia sobre el crecimiento inicial de las plántulas que la disponibilidad de nutrientes.

CONCLUSIONES

Los fuegos severos en los suelos de Pontevedra ocasionaron un retraso significativo en el crecimiento en altura y biomasa aérea de las plántulas en los seis primeros meses. Ese descenso relativo podría resultar muy importante para el regenerado en los momentos iniciales, en los que las plantas usualmente mantienen una fuerte competencia con el matorral.

El diámetro basal fue un parámetro que no resultó ser afectado ni por el tipo de suelo ni por la quema.

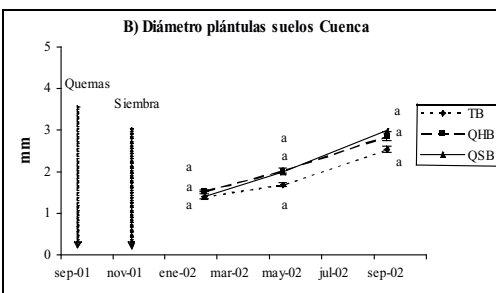
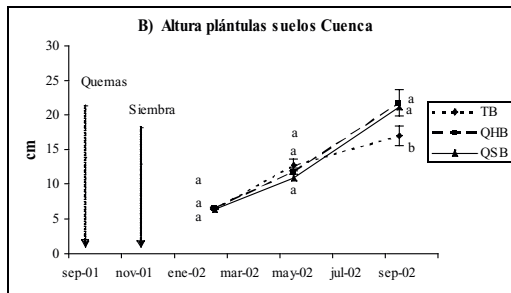
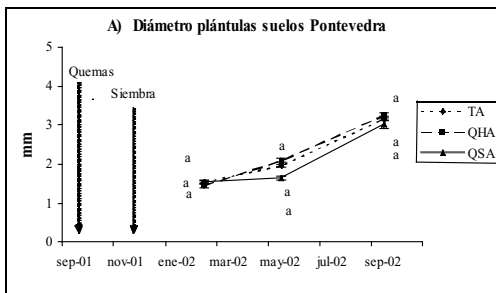
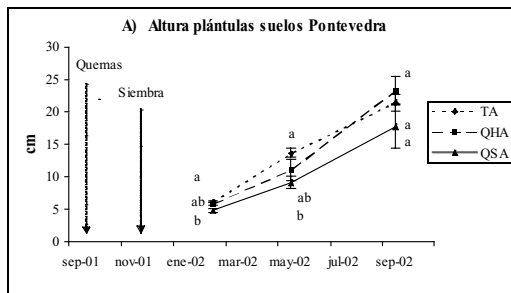


Figura 1. Crecimiento en altura de plántulas de *P. pinaster* sembradas en tepes de suelos de A) Pontevedra y B) Cuenca. QS: Quemadas severas, QH: Quemadas moderadas, T: Testigos.* letras distintas en cada fecha indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según Anova jerarquizado o test de Kruskal-Wallis. Medias de 10 plántulas

Figura 2. Crecimiento en diámetro de plántulas de *P. pinaster* sembradas en tepes de suelos de A) Pontevedra y B) Cuenca. QS: Quemadas severas, QH: Quemadas moderadas, T: Testigos.* letras distintas en cada fecha indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según Anova jerarquizado o test de Kruskal-Wallis. Medias de 10 plántulas

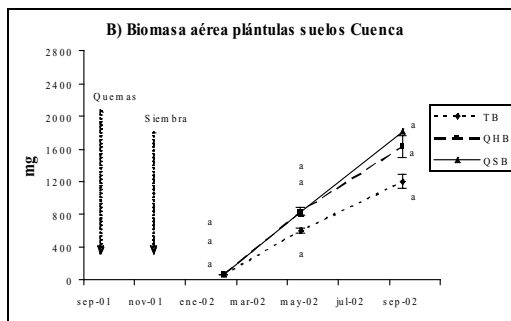
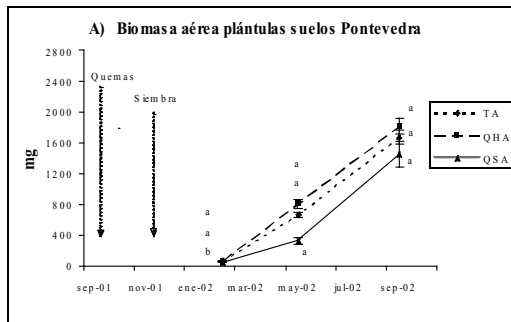


Figura 3. Biomasa aérea de plántulas de *P. pinaster* sembradas en tepes de suelos de A) Pontevedra y B) Cuenca. QS: Quemadas severas, QH: Quemadas moderadas, T: Testigos.* letras distintas en cada fecha indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según Anova jerarquizado o test de Kruskal-Wallis. Medias de 10 plántulas

Algunos factores de degradación del suelo, como la alteración de la estructura del suelo, la capacidad de retención de agua y de humectación del suelo, pudieron ocasionar un retraso inicial en el crecimiento en altura y biomasa aérea de las plántulas que no fue compensado por los incrementos de los nutrientes disponibles.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, que ha financiado el proyecto INIA SC-99-018-C2, gracias al cual se ha podido realizar este trabajo. A M.F. Ignacio por el trabajo de laboratorio y a A. Arellano por el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- CANHAM, C.D. & MARKS, P.L.; 1985. The response of woody plants to disturbance: patterns of establishment and growth. In: S.T.A. Pritchett & P.S. White (eds.), *The ecology and natural disturbance and patch dynamics*: 197-216. Academic Press, Inc. London.
- DEBANO, L.F.; NEARY, D.G. & FFOLLIOTT, P.F.; 1998. *Fire's effects on ecosystems*. John Wiley & Sons. New York.
- FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; FONTÚRBEL, T., JIMÉNEZ, E. & PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; 2008. Effects of wildfire, salvage logging and slash manipulation on *Pinus pinaster* Ait. recruitment in Orense (NW Spain). *Forest Ecol. Manage.* 255: 1294-1304.
- KENNARD, D.K. & GHOLZ, H.L.; 2001. Effects of high- and low-intensity fires on soil properties and plant growth in a Bolivian dry forest. *Plant and Soil* 234: 119-129.
- MADRIGAL, J.; 2005. *Regeneración natural de Pinus pinaster Ait. tras grandes incendios forestales: factores influyentes*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba.
- MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; MARTÍNEZ, E.; GUIJARRO, M. Y Díez, C.; 2005. Regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. en la Sierra de Guadarrama (Sistema Central, España): modelos descriptivos de los factores influyentes en la densidad inicial y la supervivencia. *Inv. Agrar., Sist. Rec. For.* 14: 36-51.
- MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M.; Díez, C. Y Gil, J.A.; 2007. Influencia de la corta a hecho y tratamiento de residuos en la supervivencia del regenerado natural post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. en el monte "Egidos" Acebo (Cáceres, España). En: *Actas 4ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales*.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; FERRANDIS, P.; DE LAS HERAS, J. & HERRANZ, J.M.; 1999. Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). *Forest Ecol. Manage.* 123: 1-10.
- NE'EMAN, G.; LAHAV, H. & IZHAKI, I.; 1992. Spatial pattern of seedling one year after fire in a Mediterranean pine forest. *Oecologia* 91: 365-370.
- NE'EMAN, G.; MEIR, I. & NE'EMAN, R.; 1993. The effect of ash on the germination and early growth of shoots and roots of *Pinus*, *Cistus* and annuals. *Seed. Sci. Technol.* 21: 339-349.
- NE'EMAN, G.; PEREVOLOTSKY, A. & SCHILLER, G.; 1997. The management implications of the Mount Carmel research project. *Int. J. Wild. Fire* 7 (4), 343-350.
- OCAÑA, L.; SANTOS, F., CARRILLO, Á.; SERRADA, R.; AGUILAR, V.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M.; MADRIGAL, J.; MARINO, E.; VEGA, J. A.; PÉREZ, J. R.; FONTÚRBEL, T.; FERNÁNDEZ, C.; PUEYO, J. J.; VALLADARES, F.L Y RINCÓN, A.; 2007. Propuesta de técnicas a utilizar en la restauración de terrenos afectados por incendios forestales: aplicación al incendio del Rodenal de Guadalajara. En: *Actas 4ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales*.
- PAUSAS, J.G.; JIMENO, T. & VALLEJO, R.; 2002. Fire severity and pine regeneration in the Eastern Iberian Peninsula. In: X.D.Viegas (eds.), *Forest Fires Research Conference*. Millpress.
- PAUSAS, J.G.; OUADAH, N.; FERRÁN, A.; GIMENO, T. & VALLEJO, R.; 2003. Fire severity and seedling establishment in *Pinus halepensis* woodlands, eastern Iberian Peninsula. *Plant Ecology* 2: 205-213.
- REYES, O. & CASAL, M.; 2004. Effects of forest fire ash on germination and early growth of four *Pinus* species. *Plant Ecology* 175: 81-89.

- THANOS, C.A.; DASKALAKOU, E.N. & NIKOLAIDOU, S.; 1996. Early post-fire regeneration of a *Pinus halepensis* forest on Mount Parnis, Greece. *J. Veg. Sci.* 7: 273-280.
- THOMAS, P.A. & WEIN, R.W.; 1990. Jack pine establishment on ash from wood and organic soil. *Can. J. For. Res.* 20: 1926-1932.
- VEGA, J.A.; 2003. Regeneración del género *Pinus* tras incendios. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 15: 59-68.
- VEGA, J.A.; ALONSO, M.; FONTÚRBEL, T.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; CUIÑAS, P. Y FERNÁNDEZ, C.; 2005 a. Efectos inmediatos de la severidad del fuego sobre algunas características químicas de un suelo de *Pinus pinaster*. *En: SECF-Gobierno de Aragón (eds.), Resúmenes, Ponencias y Conferencia invitadas 4º Congreso Forestal Español*. CD Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- VEGA, J.A.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; FONTÚRBEL, T.; CUIÑAS, P.; FERNÁNDEZ, C.; HERNANDO, C. Y GUIJARRO, M.; 2005 b. Efectos de diferentes niveles de severidad del fuego sobre la emergencia y mortalidad inicial de plántulas de *Pinus pinaster* Ait. *En: SECF-Gobierno de Aragón (eds.), Resúmenes, Ponencias y Conferencia invitadas 4º Congreso Forestal Español*. CD Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.