

# EFFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE SEVERIDAD DEL FUEGO SOBRE LA EMERGENCIA Y MORTALIDAD INICIAL DE PLÁNTULAS DE *Pinus pinaster* Ait.

J.A.Vega Hidalgo<sup>(1)</sup>, P. Perez-Gorostiaga<sup>(1)</sup>, M.T. Fonturbel<sup>(1)</sup>, P. Cuiñas<sup>(1)</sup>, C. Fernández<sup>(1)</sup>, C. Hernando<sup>(2)</sup>, M. Guijarro<sup>(2)</sup>.

(1) CIFAL Departamento de Protección Ambiental. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. Lourizán.Apdo. 127. 36080 Pontevedra. [jvega.cifal@siam-cma.org](mailto:jvega.cifal@siam-cma.org)

(2) CIFOR-INIA. Carretera de La Coruña km 7. 28040 Madrid. [fuego@inia.es](mailto:fuego@inia.es)

## Resumen

Tepes de suelos intactos, procedentes de dos zonas representativas de la distribución de esta especie en España: Pontevedra y Cuenca, fueron tratados con dos niveles de intensidad de fuego, mediante el control de la humedad del suelo y de la capa de humus. En condiciones de invernadero, los bloques de suelo fueron sembrados con semillas de esta especie, efectuándose un seguimiento mensual durante un año. La velocidad de emergencia fue similar en todos los grupos, excepto en aquellos suelos procedentes de Pontevedra que fueron afectados más severamente, donde se apreció un significativo retraso en la emergencia de las plántulas. La mortalidad fue baja durante el invierno, no difiriendo entre los distintos tratamientos, observándose un incremento en la primavera en los tepes quemados, siendo más alta en los de Pontevedra. La textura suelta de estos suelos, combinada con la presencia de una capa de mantillo remanente, parecieron ser las variables decisivas en esa respuesta.

**Palabras clave:** Tepes, calentamiento del suelo, germinación, coníferas.

## INTRODUCCIÓN

De un total 1.200.000 ha que ocupa en España las masas de *Pinus pinaster* Ait., 600.000 ha se pueden considerar como masas autóctonas (ALÍA *et al.* 1996), lo que supone la mayor superficie de carácter espontáneo de esta especie, dentro de su área natural circumediterránea. Además, en España, presenta el nivel más elevado de variabilidad genética, lo que da lugar a un considerable número de ecotipos que responden a adaptaciones climáticas y edáficas.

Por otro lado, *Pinus pinaster* Ait. está considerada como una de las especies más “pirofítica” entre los pinos españoles (TAPIAS *et al.* 2004). Esta idea se basa fundamentalmente en el alto nivel de afectación que ha sufrido la especie debido a los incendios forestales. Así, entre 1996 y 2000 ardieron en nuestro país 36.468 ha ocupadas por esta especie (DGCN 2002), y entre 1968 y 1995 más de 430.000 ha habían sido recorridas por el fuego, con años como 1975, en el que se quemaron 64.000 ha.

La información sobre el proceso de regeneración tras el fuego de esta especie es escasa.

La regeneración natural post-incendio de esta especie es muy variable y depende de factores que no son bien conocidos, por lo que los gestores no tienen siempre la suficiente información científico-técnica para planificar la estrategia de restauración de las zonas quemadas.

Uno de los factores, a los que hasta ahora se les ha prestado menos atención, es la influencia del grado de perturbación sufrido por el suelo, como consecuencia del incendio, sobre la germinación y supervivencia inicial de las plántulas de esta especie.

El efecto del calentamiento del suelo producido por incendios forestales sobre el banco de semillas edáfico y su posible efecto sobre la dormancia y germinación ha sido abordado en diferentes estudios, tanto en especie forestales ( BURROWS,N.D., 1999; AULD, T.D. 1999) como en leguminosas (TRABAUD,L. 1987; PEREIRAS *et al.* 2001; HERRANZ *et al.* 1998; REYES,O. y BOEDO,M. , 2001) , buscando respuestas para optimizar la regeneración de las especies deseadas. Sin embargo este banco de semillas parece jugar un papel menor en la regeneración post-incendio, siendo el banco aéreo el principal responsable de este fenómeno.

Es conocido el efecto inhibitor de la ceniza sobre el porcentaje de germinación, la supervivencia inicial y las primeras etapas de crecimiento en diferentes especies del género *Pinus*.

Estos aspectos fueron mencionados por primera vez en *P. palustris* por GEMMER et al (1940). NE'EMAN (1993) encontró, en condiciones de laboratorio, este efecto tóxico de las cenizas sobre el crecimiento de la parte aérea de plántulas de *P. halepensis*. No obstante, concentraciones más bajas resultaron positivas para esta primeras etapas (IZHAKI et al. 2000).

REYES y CASAL (1998) también han comprobado que en altas concentraciones de ceniza disminuye el porcentaje de germinación de semillas de *P. pinaster*. Los mismos autores (REYES, O. & CASAL, M. 2004), encontraron que esta reducción era más acusada cuando los ensayos se efectuaron en placas Petri, suavizándose ese efecto cuando los ensayos se llevaron a cabo en suelo. THOMAS y WEIN (1990, 1993) habían hallado ese mismo efecto en *P. banksiana* constatando que éste desaparece con una precipitación de mas de 1.000 mm. Así, el tipo de suelo, la climatología, el diferente aporte de cenizas según el tipo de incendio, las capas remanentes de mantillo u otros estratos orgánicos protectores y las modificaciones físicas provocadas por el calentamiento del suelo podrían ser algunos de los factores que podrían afectar a la regeneración post-incendio de esta especie.

El objetivo de este estudio fue comparar la influencia de dos niveles de severidad de perturbación en el suelo producidos por fuego simulado, sobre la germinación y la mortalidad inicial de plántulas de *Pinus pinaster*.

## METODOLOGÍA

Para desarrollar este estudio se eligieron dos tipos de suelo con marcadas diferencias en sus características y representativos de dos zonas típicas en las que se asienta esta especie. Uno de ellos recogido en la provincia de Pontevedra, en un pinar con suelos desde muy fuertemente ácidos (pH: 4.4 -4.7) hasta fuertemente ácidos (5.3) desarrollados sobre granitos, con textura franca-arenosa y contenido de materia orgánica en torno al 17% y un mantillo bien desarrollado (3-6 cm). El otro procedente de un pinar de la provincia de Cuenca, con suelos neutros (pH: 6.6 – 7.3), de textura franca-arcillosa, desarrollado sobre calizas decalcificadas, con contenidos de materia orgánica bastante más bajos (3.5%) y espesores de mantillo mucho más reducidos (alrededor de 1 cm).

Se extrajo un total de 150 tepes de 40 x 40 x 10 cm, la mitad de cada tipo de suelo, manteniéndose en lo posible la estructura de este, en los dos pinares previamente seleccionados. De cada tipo de sustrato (suelos muy fuertemente ácidos. Pontevedra: A y suelos neutros. Cuenca: B) se destinaron aleatoriamente 50 tepes para quemar y 25 para testigos.

Para conseguir una combustión lenta que simulara la fase de rescoldo que ocurre después del incendio, posiblemente el principal causante de las perturbaciones edáficas producidas por el fuego, se adicionaron sobre cada tepe 2,3 kg/m<sup>2</sup> de hojarasca y 2,0 kg/m<sup>2</sup> de restos leñosos de *P. pinaste*. Para conseguir dos niveles contrastados de severidad de la perturbación ( quemas de severidad fuerte: QS y quemas de severidad débil: QH), se procedió al riego de la mitad de los tepes a quemar obteniéndose una elevada humedad del mantillo y del suelo mineral, mientras que el resto de tepes se expuso a las condiciones meteorológicas del verano lo que produjo una fuerte desecación de ambos estratos.

Los fuegos experimentales se llevaron a cabo en el túnel de combustión, disponiendo cada experimento de un área de cebado del fuego, de manera que la ignición de los tepes tuvo lugar por un frente de llamas que prendiendo los combustibles forestales que cubrían el tepe produjo una fase de rescoldo bien desarrollada. Durante la ejecución de los fuegos experimentales, la variación de las temperaturas en los tepes se registró mediante termopares situados en tres puntos de la diagonal de los mismos, a tres niveles: sobre la superficie del mantillo (Oa), en la interfaz mantillo/suelo mineral, y a 2 cm bajo la superficie del suelo mineral. Los datos fueron recogidos por un datalogger.

Los 100 tepes quemados, de ambos tipos de suelo, se traspasaron a recipientes de poliestireno expandido y, junto con 50 tepes testigo, se trasladaron a un invernadero.

En el mes de octubre se procedió a la siembra de cada tepe con 49 semillas de *Pinus pinaster* de la procedencia Sierra Bermeja, seleccionada, mediante pruebas previas (normas ISTA), por su alto y homogéneo porcentaje de germinación y la rapidez en que se alcanzó este porcentaje.

Dentro del invernadero, a los tepes se les suministró un riego diario por aspersión a todos por igual, produciendo una precipitación equivalente a 480 mm a lo largo de todo el periodo de estudio (noviembre de 2001 a julio de 2002). En noviembre, en cinco tepes de cada grupo (30 en total) se

instaló un termopar a la profundidad de siembra (1 cm), registrándose la temperatura cada 15 minutos, durante el período noviembre a mayo del siguiente año.

Mensualmente, de noviembre a julio del siguiente año, se efectuó un seguimiento de la germinación y supervivencia de las plántulas.

Los datos obtenidos del régimen térmico se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza jerarquizados y de medidas repetidas. Los factores “entre sujetos” fueron el sitio de procedencia de las muestras, con dos niveles (Pontevedra y Cuenca) y el tratamiento con tres niveles (quemaduras severas, quemaduras moderadas y control sin quemar), jerarquizado al factor anterior. El factor “intra sujetos” fue la posición de medida de los parámetros térmicos, con tres niveles (superficie del mantillo, superficie del suelo mineral y 2 cm bajo la superficie del suelo). Los datos de germinación y supervivencia de las plántulas se analizaron también mediante un ANOVA de medidas repetidas, pero en este caso, se consideraron los dos tipos de suelo separadamente, por lo que hubo un solo factor “entre sujetos”: el tratamiento. El factor “intra sujetos” fue la fecha de medida de los parámetros. Además, se emplearon técnicas de regresión para analizar las relaciones entre parámetros térmicos, humedad (del suelo y mantillo) y reducción de espesor del mantillo con otras variables edáficas y de las plántulas.

## RESULTADOS

### Régimen térmico

Las quemaduras severas en los suelos de Pontevedra y Cuenca (ambas efectuadas con humedad del mantillo y del suelo muy bajas) dieron lugar (Tabla 1) a una elevada reducción del espesor del mantillo. Esto también ocurrió en las quemaduras débiles de los suelos de Cuenca, lo que pudo deberse a su menor espesor inicial de mantillo, pudiendo también contribuir a ello su menor humedad.

Tabla 1. Valores medios de reducción de espesor del mantillo y humedad del mantillo y suelo.

Tipo de suelo	Tipo de quema	Humedad de mantillo (% peso seco)	Humedad suelo (% peso seco)	Reducción espesor mantillo (cm)	Reducción relativa espesor mantillo (% del inicial)
Muy fuertemente ácido (Pontevedra)	Severa	11.7 (3.3)	5.3 (1.6)	3.4 (2.0)	83.6 (20.5)
	Débil	143.1 (65.1)	40.2 (18.6)	1.3 (0.6)	58.1 (23.0)
Neutro (Cuenca)	Severa	11.5 (3.6)	5.0 (2.0)	0.6 (0.3)	85.1 (18.2)
	Débil	69.8 (42.8)	30.5 (18.7)	0.6 (0.4)	81.7 (18.4)

Entre paréntesis error estándar. (Para cada suelo y tipo de quema: n = 25).

Como se había previsto, las temperaturas máximas (Fig.1) alcanzadas en las diferentes posiciones medidas en los tepes fueron significativamente más altas en las quemaduras de severidad fuerte que en las débiles en los dos tipos de suelo. Además, la penetración del calor en el suelo mineral en las quemaduras severas, fue notablemente más alta para los suelos de Pontevedra.

Las diferencias de comportamiento frente al calor de los dos tipos de suelo estudiados parecen consecuencia de un mayor espesor del mantillo, un alto contenido de materia orgánica y una textura más suelta en los suelos de Pontevedra en comparación con los de Cuenca.

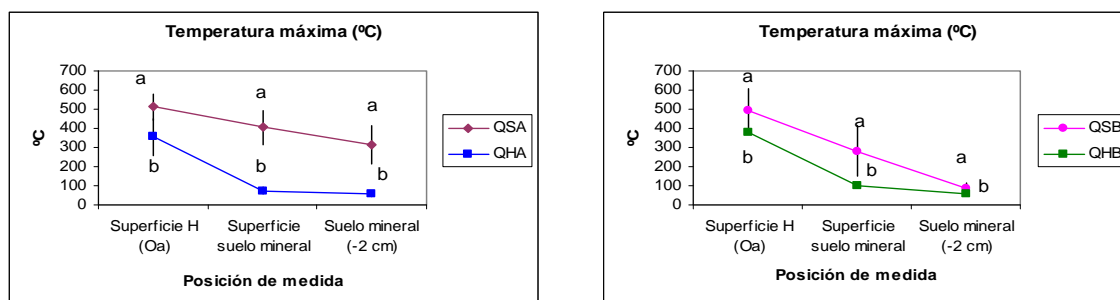


Fig 1. Valores medios de las temperaturas máximas alcanzadas en los fuegos experimentales en tepes de *Pinus pinaster*.

QSA = Quemaduras severas, suelos de Pontevedra

QSB = Quemaduras severas. Suelos de Cuenca

QHA = Quemaduras débiles, suelos de Pontevedra

QHB = Quemaduras débiles. Suelos de Cuenca

letras distintas en cada posición de medida indican diferencias significativas (  $p > 0.05$  )

En las quemaduras de severidad débil, el calor apenas penetró en el suelo mineral en los dos tipos de suelo. La alta humedad del mantillo y del suelo mineral pareció ser el factor determinante de esa respuesta en ambos.

### Temperatura en el suelo a lo largo del estudio

Los tepes quemados con mayor severidad en ambos tipos de suelo, registraron las medias de las temperaturas extremas más acusadas (máximas y mínimas), siendo significativamente diferentes de las observadas en los quemados más débilmente y en los testigos, durante el periodo de estudio (desde otoño al verano siguiente a la siembra). A su vez, los quemados débilmente también difirieron significativamente de los testigos en estas mismas temperaturas extremas. Los suelos de Pontevedra severamente quemados alcanzaron, un día de la primavera (23 de abril), los valores máximos de todo el periodo de estudio (media de 43,3 °C).

### Emergencia de las plántulas

Al mes de la siembra, se observó un retraso significativo en el porcentaje de emergencia de las plántulas, en los tepes de Pontevedra quemados severamente (QSA) en relación con el de los quemados débilmente y testigos. Este parámetro se mantuvo con valores significativamente más bajos que en los restantes tratamientos (Fig. 2A) a lo largo de los siguientes seis meses.

El porcentaje de emergencia en los suelos testigos de Cuenca (Fig. 2B), que inicialmente presentó un comportamiento idéntico al observado en los tepes quemados, después del tercer mes se retrasó algo y devino en un número de plantas nacidas, ligeramente menor que en los quemados de ese mismo tipo de suelo, aunque esta diferencia no fue siempre significativa estadísticamente.

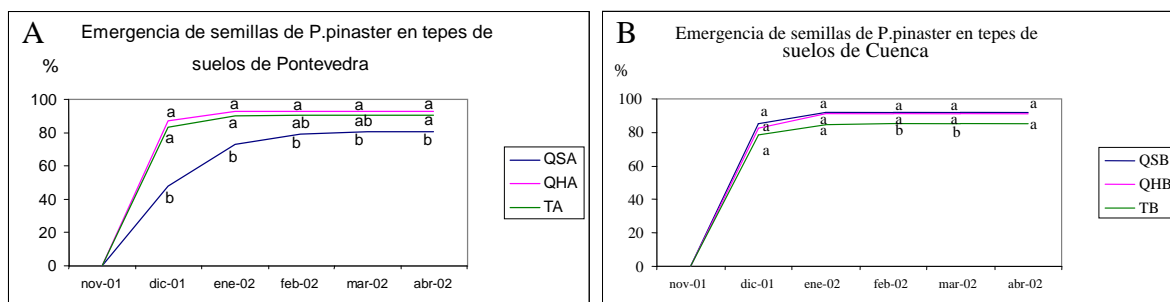


Fig 2. Porcentaje de emergencia de semillas de *P. pinaster* sembradas en tepes.

A) Suelos de Pontevedra n=25. QSA: Quemaduras severas. QHA: quemaduras débiles. TA: Testigos.

B) Suelos de Cuenca n=25. QSB: Quemaduras severas. QHB: quemaduras débiles. TB: Testigos

\* letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

La presencia de cenizas puede modificar el potencial hídrico del suelo (HERR, D.G. & DÚCHENSE, L.C. 1996) e incidir en los procesos de división celular en los meristemas apicales (NE'EMAN, G. 1993), disminuyendo el porcentaje de germinación. Cabe pensar que esto pudo ocurrir en todos los tepes que las contenían en su superficie. Sin embargo, únicamente los tepes de suelos ácidos quemados severamente (QSA) mostraron con claridad una reducción en el porcentaje de germinación frente a los otros tepes tratados (QHA, QSB y QHB). Una posible explicación podría ser las posibles diferentes cantidades de cenizas acumuladas en estos tepes.

La carga de combustible añadida y su humedad fue igual en todos los tepes quemados, por lo que se considera que las cantidades de ceniza provenientes de este estrato de combustible podrían ser similares. Entonces, las diferencias en los contenidos de cenizas vendrían dadas por los diferentes grados de consunción de la capa de mantillo. Los tepes procedentes de Pontevedra contenían una mayor cantidad de mantillo (espesor entre 3 y 6 cm, frente a los de Cuenca con 1cm) y la reducción relativa del espesor del mantillo en estos suelos ácidos quemados con mayor severidad (QSA) fue del 83 %. Por todo ello, se podría considerar que en estos suelos (QSA) las cantidades de cenizas fueron más altas que las de otros tipos de tepes quemados.

Sin embargo, los porcentajes de germinación en los restantes suelos quemados y en los testigos no difieren entre sí, a pesar de tener los primeros en su superficie una importante cantidad de ceniza.

Esto podría ser debido al riego suministrado a todos los tepes que tuvo un efecto de lavado de las cenizas y un provocó un descenso del pH (THOMAS & WEIN, 1993).

Otra posible explicación a esta diferencia en los porcentajes de germinación serían las diferencias en la economía del agua. Los suelos de textura arenosa son buenos conductores de calor, transmitiéndolo a capas profundas frente aquellos de naturaleza arcillosa actúan como conductores bastante menos eficientes. Además los suelos arenosos quemados débilmente conservaban una considerable capa de mantillo que es un efectivo aislante frente al calentamientos del suelo mineral y consecuentemente a la pérdida de agua del suelo por evaporación. Por todo ello, cabe pensar que los suelos ácidos quemados con una severidad fuerte, debido a su facilidad para transmitir el calor a las capas más profundas y a su textura más suelta, son los más expuestos a la pérdida de agua por evaporación, frente a los suelos de su mismo grupo quemados débilmente que conservaron una considerable capa de mantillo y a los de textura arcillosa que a pesar de no tener casi mantillo, son más efectivos en la retención del agua del suelo.

### Mortalidad

La mortalidad durante el invierno fue siempre baja, no difiriendo entre los diferentes niveles del tratamiento. Únicamente se observó un incremento apreciable de la mortalidad, en el mes de mayo, en los suelos de Pontevedra y particularmente en la plantas de los tepes quemados con mayor severidad donde se tuvo un 10 % de mortalidad.

En el período de diciembre de 2001 a julio de 2002, esas plántulas mostraron porcentajes de mortalidad acumulada (Fig. 3) por encima de las que se desarrollaron en tepes quemados más débilmente (QH), presentando las del testigo los valores más bajos.

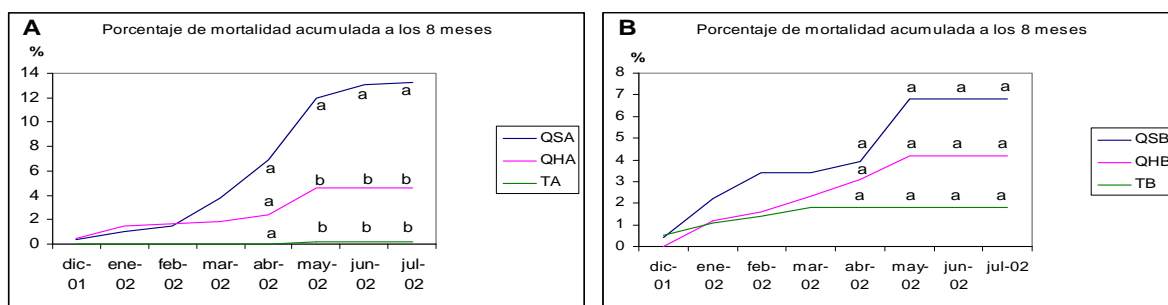


Fig. 3. Porcentaje de mortalidad acumulada en plántulas de *P. pinaster*.

A) suelos de Pontevedra n=25. QSA: Quemados severos. QHA: quemados débiles. TA: Testigos.

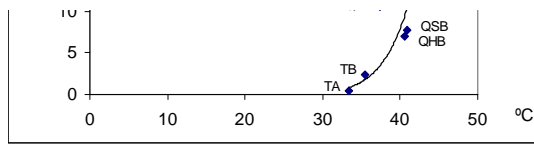
B) suelos de Cuenca n= 25. QSB: Quemados severos. QHB: quemados débiles. TB: Testigos

\* letras distintas indican diferencias significativas (p < 0.05).

En los suelos de Pontevedra, estas diferencias fueron estadísticamente significativas a partir de la primavera de 2002 y se incrementaron a medida que avanzaba el verano. En las plantas de tepes de Cuenca las diferencias no fueron significativas pero se observó la misma tendencia.

Los incrementos en los porcentajes de mortalidad ocurridos en el mes de mayo en los tepes quemados, en relación con los testigos y tanto en los de Pontevedra como en menor grado en los de Cuenca, podrían explicarse como un problema de economía del agua o como un efecto directo de la temperatura ambiente sobre el cuello de la raíz. La superficie de los tepes quemados cubierta con una capa de carbón absorbe mayor cantidad de radiación lo que puede provocar el calentamiento del suelo y consecuentemente la evaporación del agua que contiene. Este proceso es más acusado en los suelos textura arenosa, con mayor capacidad de transmitir el calor a mayor profundidad en el suelo. De hecho, el máximo de mortalidad medido en mayo (Fig. 4) presentó una buena correlación con la temperatura máxima del suelo medida veinte días antes (23 de abril). Las condiciones especiales de ese día podrían explicar los incrementos en la mortalidad observada en el mes de mayo en todos los tepes y comentada anteriormente.

Fig 4. Relación entre la media de las T<sup>a</sup> máximas del suelo a 1 cm de



profundidad medidas el 23-4-02 en tepes de *P. pinaster* y el porcentaje de mortalidad mensual medido en Mayo .

## CONCLUSIONES

La reducción del porcentaje de germinación y la mortalidad de las plántulas de *P. pinaster* creciendo en tepes de suelos quemados con distintos grados de severidad fue en conjunto bastante pequeña, aunque ese resultado podría estar mediatizado por las condiciones de ensayo en el invernadero.

Ni la textura del suelo ni la capa remanente de mantillo no parecieron ser elementos decisivos por sí solas en la reducción del porcentaje de germinación. De hecho, ese porcentaje en los suelos de textura franco arcillosa fue muy similar al observado en suelos de textura franco arenosa, siempre que en estos últimos existiese una apreciable cantidad de mantillo remanente después del fuego.

Únicamente cuando se combinaron una textura desfavorable a la economía del agua con una escasa capa de mantillo protector, el porcentaje de germinación sufrió un ligero y significativo descenso.

Inesperadamente, la cantidad de ceniza no pareció ser tampoco un factor determinante en nuestro experimento, a pesar de la consunción total de la gran cantidad de combustible, similar a la de unos restos pesados de corta. Es posible que el efecto de lavado producido por el riego en los primeros meses del ensayo, hubiese eliminado en gran medida la actividad inhibitoria de la ceniza sobre la germinación .

## BIBLIOGRAFÍA

- ALÍA R., MARTÍN S., DE MIGUEL J.; GALERA R., AGÚNDEZ D., GORDO J., SALVADOR L., y CATALÁN G., GIL A. 1996. Regiones de procedencia *Pinus pinaster* Aiton. Servicio Material Genético. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. ISBN: 84-8014-156-5.
- AULD, T.D. & TOZER, M.G. 1999. How well do post-fire indicators provide insights into the degree of soil heating during the passage of fires?. *Conference Proceedings. Australian Bushfire Conference*. Albury. Australia. July 1999.
- BURROWS, N.D. 1999. A soil heating index for interpreting ecological impacts of jarrah forest fires. *Australian Forestry*. 1999. 62: 320-329.
- GEMMER, E.W.; MAKI, T.E. & CHAPMAN, R.A. 1996. Ecological aspects of longleaf pine regeneration in South Mississippi. *Ecology*, 21:75-86.
- HERR, D.G. & DUCHESNE, L.C. 1996. Effects of organic horizon removal, ash, watering regime, and shading on red pine seedling emergence. *Can. J. For. Res.* 26: 422-437.
- HERRANZ, J.M.; FERRANDIS, P. y MARTINEZ-SANCHEZ, J.J. 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean *Leguminosae* species. *Plant Ecology* 136:95-103.
- IZHAKI, I.; HENING-SEVER, N. & NE'EMAN, G. 2000. Soil seed bank in Mediterranean Aleppo pine forest: the effect of heat, cover and ash on seedling emergence. *Journal of Ecology* (2000) 88: 667-675.
- 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 Science and Technology*. 21:2, 339-349.
- PEREIRAS, J.; PUENTES, M.A. y CASAL, M. 1985. Efecto de las altas temperaturas sobre la germinación de semillas de tojo (*Ulex europaeus* L.) *Studia Oecologica* VI: 125-133.
- REYES, O. y CASAL, M. 1998. Germination of *Pinus pinaster*, *P. radiata* and *Eucalyptus globulus* in relation to the amount of ash produced in forest fires. *Ann. Sci. For.* 55: 837-845.
- REYES, O. y BOEDO, M. 2001. El fuego como controlador de la germinación de *Cytisus striatus* y



- de *C. multiflorus* y su aplicación agronómica. *Actas del III Congreso Forestal Español*. GRANADA-2001. 6: 15-21. Coria-Gráfica.SL
- REYES, O. y CASAL, M. 2002. Effect of high temperatures on cone opening and on the release and viability of *Pinus pinaster* and *P. radiata* seeds in NW Spain. *Ann.For.Sci.* 59 (2002) 327-334.
- REYES, O. y CASAL, M. 2004. Effects of forest fire ash on germination and early growth of four *Pinus* species. *Plant Ecology* 175: 81-89.
- TAPIAS, R.; CLIMENT, J.; PARDOS, J.A.; GIL, L. 2004. Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecology*. 171 (1-2):53-68.
- THOMAS, P. A. & WEIN, R.W. 1990. Jack pine establishment on ash from wood and organic soil. *Can.J.For.Res.* 20:12, 1926-1932.
- THOMAS, P. A. & WEIN, R.W. 1993. Amelioration of wood ash toxicity and jack pine establishment. *Can.J.For.Res.* 24:4, 748-755.
- TRABAUD, L. 1987. The role of fire in ecological systems. Trabaud L (Ed) SPB. *Fire and survival traits of plants*. Acad.Publishing. La Haya. Holanda. pp 65-68.