

Ensayo comparativo entre diferentes sistemas de siembra de pino resinero (*Pinus pinaster*) después de un incendio

José Ramón Guzmán Álvarez, Rafael Navarro Cerrillo, Isaías Contreras Mira

Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes,
Universidad de Córdoba, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14004 Córdoba (ramonguzman@uco.es)

Resumen

En este estudio, llevado a cabo tras un incendio en el Parque Natural de la Sierra de Cazorla, se llevó a cabo un diseño experimental para comparar el efecto sobre la germinación de dos tipos de semillas (desnuda y peletizada) y tres sistemas de siembra (siembra en superficie, en casilla y con barrón). Las pruebas realizadas permiten clasificar las técnicas de siembra, de la más eficaz a la menos eficaz, en el orden siguiente: Semillas desnudas a 2,5 cm de profundidad (en casilla), semillas peletizadas a 2,5 cm (en casilla), semillas peletizadas en superficie, semillas desnudas en superficie, semillas desnudas a 5 cm de profundidad (con barrón), semillas peletizadas a 5 cm de profundidad (con barrón).

1. Descripción del área afectada

La sierra de Cazorla se quemó durante el verano del 2001. El incendio se inició a las 12:30 horas del día 31 de julio de 2001 en los parajes denominados "Molino de Anica" y finca del Coto del Valle, monte Navahondona, zonas pertenecientes al Parque Natural de Cazorla, Segura y las Villas en el término municipal de Cazorla, provincia de Jaén, dándose por extinguido el día 3 de Agosto a las 17:15 horas. La superficie afectada por el fuego sumó 836 ha, distribuidas en un 82% en el término municipal de la Iruela (686 ha) y en un 18% en el término municipal de Cazorla (150 ha). La coincidencia de las adversas condiciones meteorológicas, unidas a la gran complejidad del relieve topográfico y a la cubierta vegetal, caracterizada por una combustibilidad muy elevada propiciaron, junto con la exposición de las laderas, la rapidez con la que se manifestó la propagación hasta coronar las divisorias.

Clima y suelo

Los pisos bioclimáticos presentes en la zona de estudio son el mesomediterráneo y el supramediterráneo (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). Los subtipos fitoclimáticos presentes se corresponden con IV₄ (Mediterráneo genuino fresco de P > 500 mm/año) y con VI(IV)₂ (Nemoromediterráneo genuino fresco con P > 725 mm/año) (ALLUÉ, 1990).

La estación meteorológica de referencia es Cazorla, la cual se encuentra ubicada en un lugar próximo a la zona incendiada. Durante el verano, las temperaturas máximas absolutas toman valores superiores a los 38° C en los meses de julio y agosto. El marcado contraste entre las temperaturas invernales y estivales pone de manifiesto una tendencia continental del clima. La precipitación alcanza un valor de 772 mm anuales, siendo en los meses de octubre a marzo cuando alcanza sus mayores valores. La evapotranspiración potencial se estima en 840 mm anuales, existiendo déficit en el periodo de mayo a septiembre. En el Mapa de Suelos de España (E 1:400.000), (CSIC, 1996) se indica que los suelos dominantes presentan un horizonte de mull forestal muy desarrollado sobre materiales calizos, sin lavado de carbonatos, clasificándose como suelo pardo calizo forestal. Pueden también aparecer cambisoles cálcicos, regosoles eútricos y litosoles en zonas con afloramientos rocosos.

Vegetación

El Mapa de Series de Vegetación de España (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987) identifica en la zona tres Series de Vegetación: 24e, Serie mesomediterránea bética marianense y aracenopacense seca-subhúmeda basófila de la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.)) (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae* S.); 24f, Serie supramediterránea bética basófila de la encina (*Quercus rotundifolia* (*Berberidi hispanicae-Querceto rotundifoliae* S.), y 19e, Serie supramediterránea bética basófila de *Quercus faginea*. *Daphno latifoliae-Acereto granatensis* S.

La vegetación actual proviene fundamentalmente de los trabajos de repoblación de los años de la década de 1960, y está formada por pinares monoestratificados (en el estrato arbóreo) en el interior del incendio y pinares multiestratificados no provenientes de repoblaciones en el perímetro. En las mayores cotas altitudinales se mezcla con pino laricio (*Pinus nigra* Arn subs. *salzmannii* Dunal). En la zona oeste del incendio la vegetación afectada estaba constituida por masas de pino negral (*Pinus pinaster*) que se mezclaba con pino carrasco (*Pinus halepensis*). La encina (*Quercus ilex*) y el quejigo (*Quercus faginea*) están presentes de forma puntual en umbrías.

2.- Material y métodos

Diseño experimental

El diseño experimental de las parcelas se realizó para evaluar la respuesta a la nascencia en función de dos factores; procedimiento de siembra y preparación de la semilla. Se ha realizado un ensayo factorial en bloques completos al azar con tres repeticiones que comprende dos factores: métodos de siembra (tres niveles: siembra superficial, siembra con barrena y siembra en casilla) y preparación de semillas (dos niveles: semillas desnudas y semillas peletizadas sobre bolas de arcilla). El número total de tratamientos fue de seis más el control. Las labores realizadas han consistido en:

- siembra superficial (S): siembra en grupos de tres semillas, depositándolas en la superficie del suelo, sin tratamiento previo.
- siembra con barrón (B): consiste en dar un golpe seco con una barra metálica de 4 kilogramos, depositándose tres semillas. La profundidad estimada es 3 a 5 cm.
- siembra en casilla (L): siembra sobre casilla superficial (< 30 cm), en la que se depositan tres semillas a una profundidad aproximada de 3 cm.
- control: en cada bloque se deja un tratamiento sin depositar semillas, para comprobar que el banco de semillas del suelo no contiene semillas de pino negral.

En cada bloque los tratamientos se distribuyen según líneas paralelas, y en cada línea fueron sembradas 2 semillas en 25 puntos, separados 25 cm. Hay así un total de 50 semillas sembradas en cada uno de los tratamientos, es decir, 300 semillas en cada bloque y 900 semillas en cada parcela.

Las dos parcelas se establecieron en el interior del área quemada, a una altitud de 1.200 m sobre el nivel del mar en la primera parcela y 1.140 m en la segunda parcela. Se ubicaron dentro de rodales desarbolados, de manera que todas las parcelas estaban desprovistas de árboles antes del incendio. La orientación de las parcelas fue de 240° en la primera y 190° N en la segunda. La pendiente media fue del 20% y el suelo presente en ambas fue una rendsina. La diferencia entre las dos parcelas estriba en que la primera estaba caracterizada por un suelo pastoreado, muy cohesionado (arcilloso) y con una menor pendiente, mientras que en la segunda el suelo era arenoso, suelto y con una gruesa capa de pinocha, en el que se observaba un mayor regenerado.

La semilla para el ensayo de siembra fue proporcionada por Semillas Silvestres S.A. (etiquetas amarillas, región de procedencia: Bética meridional). El poder germinativo (ISTA, 1998) del lote de semillas fue del 90,5%.

Con el mismo lote de semillas utilizado en el ensayo de campo, se realizó un ensayo de germinación bajo condiciones controladas y siguiendo la norma aconsejada por el ISTA (International Seed Testing Association, 1993) en la ciudad de Córdoba. Se prepararon dos bandejas, una de ellas con semilla sin peletizar y otra con semilla peletizada. En cada bandeja se colocaron tres líneas con 100 semillas cada una; a cada línea se le aplicó un tratamiento distinto: en superficie, a una profundidad de 2,5 cm y a una profundidad de 5 cm. Cada tratamiento contenía cien puntos de siembra. Como resultado, se dispusieron 300 semillas por bandeja. La tierra utilizada se recogió en la zona de estudio, en una zona próxima a la parcela número uno. Los elementos gruesos de más de 4 cm de diámetro se desecharon. El suelo se mezcló y los horizontes no mantuvieron su estructura original. El porcentaje de germinación fue medido entre el 9 de abril y el 24 de mayo del 2002. Consideramos que la semilla había germinado a partir del momento en que se podían distinguir los cotiledones.

Tratamiento de datos

Se comprobó que los datos cumplían el requisito de normalidad y la homogeneidad de la varianza (homocedasticidad). La normalidad se ha comprobado mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, y la homocedasticidad por el test de Levene. Una vez realizada la comprobación de los requisitos básicos de los datos, se ha procedido a llevar a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) de uno y dos factores. Los dos factores considerados fueron el método de siembra y la preparación de las semillas. Cuando el análisis de la varianza ha sido significativo se ha realizado un test de Tukey de comparación múltiple de las medias para un nivel de significación del 5% ($P \leq 0,05$) (Sokal y Rohlf, 1979).

Los datos fueron almacenados y transformados, según el caso, en hojas de cálculo del programa *Microsoft Excel 2000*. El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico *SPSS 8.0*. Los resultados se presentan en las tablas y en las figuras como media y desviación estándar de cada tratamiento.

3.- Resultados

Evaluación de los métodos de siembra en condiciones reales

Los resultados obtenidos en las parcelas de experimentación muestran el porcentaje de germinación en cada parcela según los tratamientos aplicados a las semillas y terreno (**Figura 1**). Se tuvieron presentes en ambas parcelas tratamientos de control, incluyendo estos datos en el análisis estadístico.

Las semillas desnudas mostraron un ligeramente mayor porcentaje de germinación (7,61%) que las semillas peletizadas (6,14%). Las diferencias entre ambas parcelas fue reducida, siendo del 7,7% en la parcela de experimentación 2 y del 6,05% en la parcela de experimentación 1

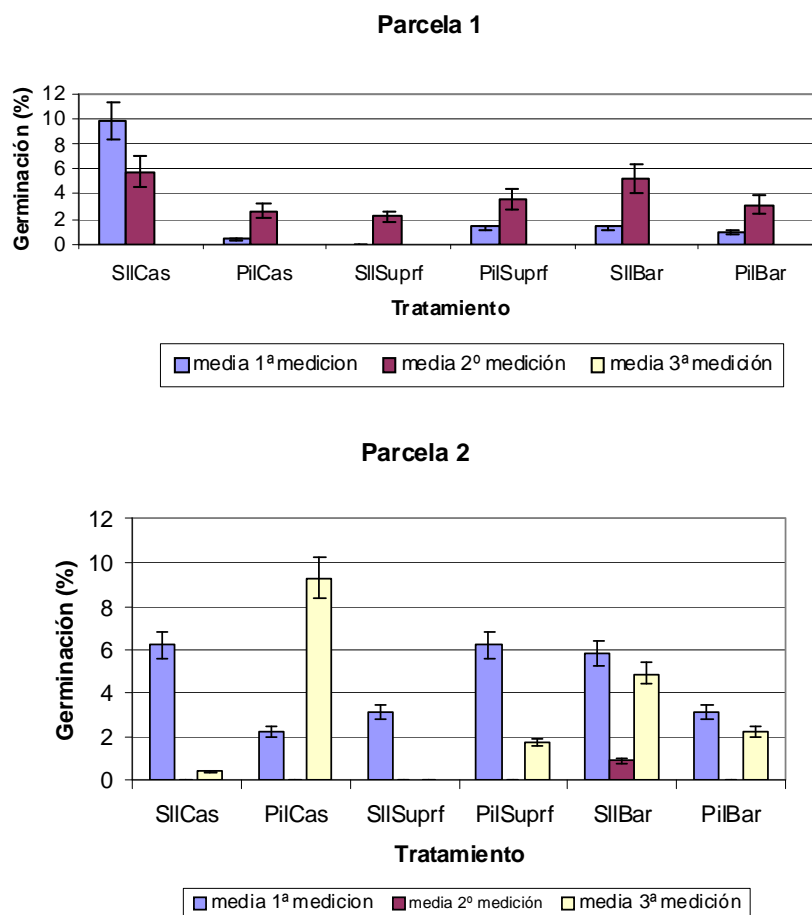


Figura 1. Representación de la germinación total en las parcelas de siembra, (SII Cas = Semilla en casilla, Pil Cas = Píldora en casilla, SII Suprf = Semilla en superficie, Pil Suprf = Píldora en superficie, SII Bar = Semilla con barrón, Pil Bar = Píldora con barrón).

Los resultados de aplicar el análisis de varianza de dos factores (**Tabla 1**) manifiestan que no hay diferencias significativas ni entre los resultados de las dos parcelas ni entre los diferentes tratamientos. La diferencia entre las dos parcelas de experimentación no es significativa, aunque los índices de germinación son mayores en la parcela de experimentación 2. Los tratamientos de siembra no muestran resultados perceptiblemente diferentes.

Origen de la variabilidad	Cuadrado medio	Valor de F	Probabilidad asociada
Factor 1 (método de siembra)	0,005487	1,498	0,227
Factor 2 (parcelas)	0,002435	0,665	0,423
Interacción 1 y 2	0,005137	1,498	0,259
Valor residual	0,003662	1,403	
Total	0,016721		

Tabla 1. Resultado de aplicar ANOVA con dos factores, tomando en cuenta varios métodos de siembra (factor 1) y dos parcelas de experimentación (factor 2).

Se realizó un segundo análisis de varianza de un factor para comprobar si la supervivencia total varía significativamente entre los seis tratamientos. La variable dependiente fue la supervivencia total y el factor el tratamiento. Se obtuvo el resultado de que solo hay diferencias significativas en la primera parcela, con una probabilidad del 0,018, teniendo un valor significativamente mayor de la supervivencia total para el tratamiento

“semilla en casilla” (porcentaje de supervivencia de 9.78%).

Ensayo de siembra en condiciones controladas

Los resultados de este ensayo se detallan en la **Tabla 2**. La germinación en condiciones controladas tuvo lugar entre los días 37 y 92. El mayor porcentaje de germinación se alcanzó para las semillas desnudas en casilla (62%), seguido por las semillas peletizadas enterradas a una profundidad de 2,5 cm (32%), por las semillas peletizadas en superficie (31%), las semillas desnudas en superficie (22%), las semillas desnudas a 5 cm de profundidad (9%) y finalmente, las semillas peletizadas enterradas a cm (2%) (**Figura 2**). El inicio de la germinación de semillas desnudas ocurrió en promedio 7 días antes que las semillas peletizadas.

Tipo semilla	T ₅₀	% a 65 días	% a 91 días
Semillas peletizadas en superficie	-	22	31
Semillas desnudas en superficie	-	22	22
Semillas peletizadas a 2,5 cm	-	5	32
Semillas desnudas a 2,5 cm	72	22	62
Semillas peletizadas a 5 cm	-	0	2
Semillas desnudas a 5 cm	-	6	9

Tabla 2. Tabla resumen de porcentajes de germinación y tiempo necesario para alcanzar una germinación del 50% (T₅₀)

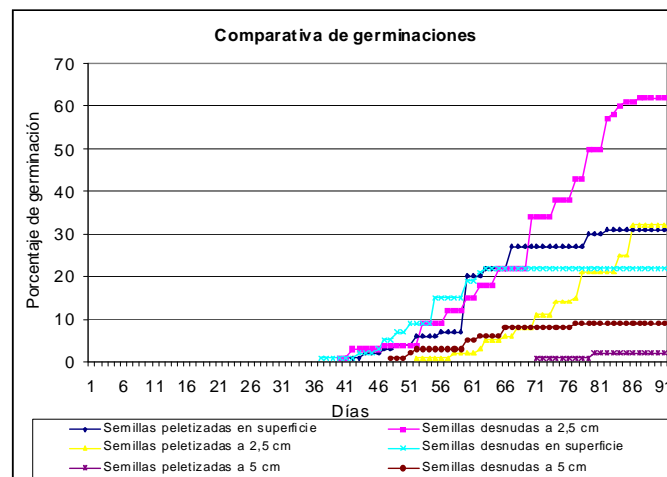
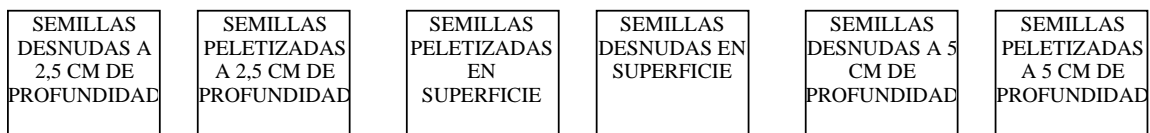


Figura 2. Curvas de germinación (%) de los distintos tratamientos de siembra utilizados.

Es posible, por tanto, basándose en los ensayos realizados, hacer una clasificación de los diferentes métodos de siembra:



Eficiencia del método

4.- Discusión y conclusiones

Los pinos mediterráneos son especies adaptadas a la ocurrencia del fuego como factor perturbador de las comunidades vegetales (AGEE, 1998, BARBERO et al, 1998; KEELEY, 1994). El estudio de la regeneración postincendio en estas especies ha sido objeto de gran atención por parte de los investigadores, especialmente para el caso del pino carrasco (ARIANOUTSOU y NE'EMAN, 2000; CORONA et al, 1998; DASKALAKOU & THANOS, 1996; THANOS & DASKALAKOU, 1996), pero también para otros pinos (ESCUADERO et al, 1999,

2000; NUÑEZ y CALVO, 2000), incluido el pino negral o resinero (FERRANDIS et al, 2001; MARTÍNEZ SÁNCHEZ et al, 1995; TAPIAS et al, 2001) Este interés tiene importantes aplicaciones prácticas como la posibilidad de llevar a cabo siembras aéreas, económicamente más ventajosas que otro tipo de medidas artificiales de regeneración (CASTELL y CASTELLÓ, 1996; DOMÍNGUEZ-LERENA et al, 2000)

Los resultados de las pruebas de siembra demuestran que las semillas desnudas presentan una tasa ligeramente mayor de germinación que las semillas peletizadas en la siembras post incendio. Las semillas sin recubrimiento alcanzaron los valores máximos de supervivencia mediante el procedimiento de siembra en casilla, frente a los realizados con barrón o en superficie. Las semillas peletizadas obtuvieron los valores máximos de supervivencia para los procedimientos de siembra en casilla y siembra en superficie, frente a los procedimientos de siembra con barrón.

Los porcentajes de germinación obtenidos en este ensayo son mayores que los que ofrecen DOMÍNGUEZ-LERENA et al. (2000) para ensayos de siembra con semillas desnudas de pino carrasco, con valores comprendidos entre el 1,8%, y el 7% en las zonas de pendiente débil, para siembras con labor superficial. Las condiciones climáticas favorables del año 2002 (se produjeron precipitaciones durante la instalación de las parcelas, así como, durante la siembra) pueden explicar parte del mayor número de semillas germinadas en nuestro estudio. En estas condiciones de humedad y temperatura, el tiempo existente entre la siembra y la germinación se redujo, por lo que disminuyó la predación, siendo esta el factor principal de fracaso en la siembra de pino carrasco (DOMÍNGUEZ-LERENA et al., 2000).

Las pruebas realizadas permiten clasificar las técnicas de siembra, de la más eficaz a la menos eficaz, en el orden siguiente: Semillas desnudas a 2,5 cm de profundidad (en casilla), semillas peletizadas a 2,5 cm (en casilla), semillas peletizadas en superficie, semillas desnudas en superficie, semillas desnudas a 5 cm de profundidad (con barrón), semillas peletizadas a 5 cm de profundidad (con barrón). Estos resultados demuestran que cuanto mayor energía haya de vencer la semilla para su germinación menor será la afectividad de ésta. Sin embargo, otros autores defienden que las semillas desnudas están en contacto directo con la ceniza, la cual tiene un alto valor del pH y una presión osmótica elevada, lo cual inhibe la germinación (NE'EMAN & IZHAKI, 1999). Las semillas desnudas colocadas en condiciones reales se exponen a una predación significativa (NATHAN y NE'EMAN, 2000), que se ve reducida al enterrar las semillas hasta en un 50% (Domínguez-Lerena et al., 2000). La existencia de predación en condiciones de campo puede explicar la ventaja de la siembra superficial en condiciones controladas. En general, se aconseja colocar las semillas a una profundidad aproximada entre 1,5 y 2 veces el diámetro de la semilla (PEMÁN y NAVARRO, 1998), por lo que la profundidad ideal para las semillas del pino de negral sería 1,5 cm, inferior a la utilizada en los tratamientos en este ensayo.

5.- Bibliografía

- AGEE, J.K. 1998. Fire and pine ecosystems. En RICHARDSON, D.M. (ed) *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, pp: 193-218.
- ALLUÉ ANDRADE J.L. 1990. *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, INIA. Madrid.
- BARBERO, M.; LOISEL, R.; QUEZEL, P. 1998. Pines of the Mediterranean Basin. En: RICHARDSON D.M. (ed). *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, pp.: 153-170.
- ALLUÉ ANDRADE, J.L. 1990. *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, INIA. Madrid.
- ARIANOUTSOU M.; NE'EMAN, G. 2000. Post-fire regeneration of natural *Pinus halepensis* forests in the east Mediterranean basin. En: NE'EMAN, G. & TRABAUD, L. (eds) *Ecology, Biogeography and management of Pinus halepensis and Pinus brutia. Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Backhuys Publishers. Leiden, pp.: 250-262.
- CASTELL, C.; CASTELLÓ, J.I. 1996. Metodología y resultados de la siembra aérea efectuada en el parque natural de Garraf. *Montes*, 46: 51-57.
- CORONA, P.; LEONE, V.; SARACINO, A. 1998. Plot size and shape for the early assessment of post-fire regeneration in Aleppo Pine Stands. *New Forests*, 16 (3): 213-220.
- DASKALAKOU, E.N.; THANOS, C.A. 1996. Aleppo pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: The role of canopy and soil seed banks. *International Journal of Wildland Fire*, 6: 59-66.
- DOMÍNGUEZ-LERENA, S.; PEÑUELA RUBIRA, J.L.; HERRERO SIERRA, N.; NICOLAS PERAGON, J.L.; COSTA, J.C.; RODRÍGUEZ, A.; SÁNCHEZ, M. 2000. *Siembras directas en zonas degradadas de Andalucía*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente.
- ESCUDERO, A.; NUÑEZ, M.R., PÉREZ GARCÍA, F. 2000. Is fire a selective force of seed size in pine species? *Acta Oecologica*, 21 (4-5): 245-256.
- ESCUDERO, A.; SANZ, M.V.; PITA, J.M.; PÉREZ GARCÍA, F. 1999. Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines. *Annals of Forest Science*, 56: 511-520.
- FERRANDIS, P.; DE LAS HERAS, J., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; HERRANZ, J.M. 2001. Influence of a

- low-intensity fire on a *Pinus pinaster* Ait. forest seed bank and its consequences on the early stages of plant succession. *Israel Journal of Plant Sciences*, 49 (2): 105-114.
- ISTA. 1995. *Understanding seed vigour*. ISTA Vigour Seed Committee. Ginebra.
- KEELEY, J.E. 1994. Seed germination patterns in fire-prone Mediterranean-climate regions. En: ARROYO M.T.; ZEDLER, P.H.; FOX, M.D. (eds) *Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile, California and Australia*. Springer-Verlag. New York, NY, pp.: 239-273.
- MARTÍNEZ- SÁNCHEZ, J. J.; MARÍN, A.; HERRANZ, J.M.; FERRANDIS, P.; DE LAS HERAS, J. 1995. Effects of high temperatures on germination of *Pinus halepensis* Mill. and *P. pinaster* Aiton subsp. *pinaster* seeds in southeast Spain. *Vegetatio*, 116 (1): 69-72.
- NATHAN, R.; NE'EMAN, G. 2000. Serotiny, seed dispersal and seed predation in *Pinus halepensis*. En: NE'EMAN, G.; TRABAUD, L. (eds) *Ecology, Biogeography and management of Pinus halepensis and Pinus brutia. Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Backhuys Publishers. Leiden, pp.: 105-118.
- NE'EMAN, G.; IZHAKI, I. 1999. The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire. *Plant Ecology*, 144: 115-125.
- NUÑEZ, M.R., CALVO, L. 2000. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. *Forest Ecology and Management*, 131: 183-190.
- PEMÁN, J.; NAVARRO CERRILLO, R.M. 1998. *Repoblaciones Forestales*. Universitat de Lleida. Lleida.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA. Madrid.
- SOKAL, R.; ROHLF, F.J. 1979. *Biometría. Principios y Métodos estadísticos a la investigación biológica*. Universidad del Estado de Nueva York, Story Brook. H. Blume Ediciones.
- 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 of Ecology*, 89: 629-638.
- THANOS, C. A., DASKALAKOU, E.N. 1996. Early post-fire regeneration of a *Pinus halepensis* forest on Mount Parnis, Greece. *Journal of Vegetation Science*, 7 (2): 273-280.