

¿Cómo afectan las altas temperaturas a las piñas de pino carrasco? Consideraciones para una adecuada gestión post-incendio ¹

Salvatore, R. ^{1*}; Moya, D. ²; Lovreglio, R. ¹; de las Heras, J. ²;
López Serrano, F. R. ²; Leone, V. ¹

Resumen

Son numerosos los trabajos que apuntan a la existencia de diferencias en la germinación de semillas procedentes de estróbilos serotinos y no serotinos de *Pinus halepensis* Mill., como parte de una estrategia reproductiva basada sobre la temperatura ambiental que se registra en los incendios forestales. En el presente estudio, se compara la transmisión de calor que tiene lugar en las escamas y en el eje de estróbilos serotinos y no serotinos de dos localidades de Italia (Perronello, Taranto y Marina de Camerota, Salerno), así como la germinación de las semillas de dichos estróbilos, simulando en laboratorio, las temperaturas externas que suelen alcanzarse en un incendio forestal de media intensidad. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente 5 estróbilos serotinos y 5 no serotinos de 6 árboles de 50 años de edad de cada localidad, realizándose los siguientes tratamientos: 250° 1' y 3'; 400° 1' y 3' (40 estróbilos por localidad). La temperatura se midió durante el experimento por medio de termopares insertos en los estróbilos. Posteriormente se extrajeron las semillas y se realizaron los correspondientes tests de germinación en mesa de Jacobsen (100 semillas por tratamiento). Los resultados obtenidos mostraron un incremento significativo en la temperatura bajo las escamas de estróbilos serotinos en comparación con los no serotinos. En el eje, la temperatura no superó los 41°C en ningún caso, lo que muestra una baja transmisión del calor en ambos tipos de estróbilo. La germinación de las semillas de conos serotinos disminuyó a altas temperaturas mantenidas durante 3'. Sin embargo, las semillas de conos maduros no serotinos no experimentaron diferencias significativas con respecto a las semillas control. Una primera valoración de los resultados apunta a una mayor transmisibilidad de la temperatura en los conos serotinos con respecto a los no serotinos, y una mayor influencia sobre las semillas de estos conos que se ve compensada por la elevada tasa de germinación de las mismas. Dado que la restauración de los pinares afectados por el fuego dependen de la proporción de conos serotinos y no serotinos, con los resultados obtenidos se hace palpable la resistencia de los conos no serotinos a elevadas temperaturas durante cortos periodos de tiempo.

Palabras clave: *Pinus halepensis* Mill.; estróbilos; escamas; germinación; altas temperaturas.

^{1*} *International PhD "Crop Systems, Forestry and Environmental Sciences"*. Coord: Dr. S.A. Bufo.

¹ Departamento de Ciencias de los Sistemas Culturales, Forestales y del Ambiente. Facultad Agraria, Universidad de la Basilicata, 85100, Potenza, Italia.

² Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ² Departamento de Tecnología del Medio Ambiente. ETSIA de Albacete, UCLM, Campus Universitario, 02071 Albacete. +34967599200

*E-mail de autor: rossella.salvatore@unibas.it

Introducción

El fuego juega un papel decisivo en la estructura y dinámica de los ecosistemas mediterráneos (di Castri y Mooney 1973; Naveh 1975; Trabaud 1980; Gill y otros 1981).

En todas las zonas quemadas, el factor más importante para la regeneración es la disponibilidad de las semillas protegidas y almacenadas en el suelo (*soil seed bank*), o en la copa (*canopy seed bank*).

Muchas especies del género *Pinus* son tradicionalmente consideradas como adaptadas al régimen de los incendios y algunas presentan piñas leñosas que protegen las semillas y que se abren tras el incendio.

Un excelente ejemplo es *Pinus halepensis* Mill., considerado en parte serótino porque tiene en la copa piñas serótinas y no serotinas (Panetsos 1981) y presenta “dual life strategy” atribuible a las especies en parte serótinas (Nathan y Ne’eman 2004).

La “serotinia” es un rasgo común de las especies que viven en las áreas que suelen incendiarse habitualmente, aumentando su supervivencia durante un fuego (Zwolinski 1990); a través de la serotinia, las plantas utilizan las semillas almacenadas en la copa y comienzan la re-colonización post-incendio de las áreas quemadas.

La serotinia maximiza el número de las semillas disponibles para la generación siguiente almacenándolas y protegiéndolas contra los depredadores y el calor (Lamont y otros 1999), las piñas serótinas se mantienen cerradas durante varios años y el fuego produce la apertura de las escamas leñosas y dispersión de sus semillas (Daskalakou y Thanos 1996, Saracino y Leone 1994; Leone y otros 1997).

Las piñas serótinas se quedan cerradas hasta que la resina que sella las escamas, se disuelve con el calor (45 °C-50 °C) (Tapias y otros 2001; Goubitz y otros 2003); entonces las escamas, liberan las semillas abriéndose también por el efecto de la diferencia de la estructura anatómica a nivel de las esclereidas (Beaufait, 1960; Harlow y otros. 1964; Leone y otros 1998).

La apertura de las escamas de las piñas serótinas, en particular de *Pinus halepensis* Mill., es favorecida, no únicamente por el aire caliente y seco originado por el fuego, sino también por los vientos calientes y secos (Nathan y otros 1999; Nathan y Ne’eman 2000) que soplan en muchas regiones del área Mediterránea.

El fuego puede estimular la germinación de las semillas de las especies germinadoras, ya sea porque promueve la rotura de las estructuras externas de protección de las semillas, o porque, actúa de señal para estimular la germinación en unas nuevas condiciones post-incendio de mayor probabilidad de éxito de las plántulas.

Esta señal procede de las altas temperaturas o de las sustancias asociadas al humo.

El fuego facilita la apertura de los conos de las especies del género *Pinus* a partir de 100°C, aproximadamente (200°C en el caso de *P. halepensis*), dependiendo del tiempo de exposición (Habrouk y otros 1999).

Las piñas proporcionan además protección frente al fuego de forma que las semillas que se encuentran en su interior pueden soportar temperaturas exteriores de hasta 200°C, variando según la especie y el tiempo de exposición.

El buen éxito de la regeneración de los pinos mediterráneos post-incendio, depende también de la capacidad de las semillas de tolerar la agresividad del fuego (Sannikov 1994; Martínez-Sánchez y otros 1995; Despain y otros 1996): el problema principal es el destino de las semillas que en caso de incendios tienen que soportar tan altas temperaturas.

La intensidad de un incendio forestal es uno de los caracteres más importante (Malanson 1984; Sousa 1984).

Dos son los factores que caracterizan la intensidad de un incendio: tiempo de exposición y temperatura registrada (Goubitz y otros 2003).

De estos factores dependerá el número de semillas disponibles para la germinación y también las características de las comunidades vegetales, afectadas por el fuego (Reyes y Casal 1995).

Estudios sobre respuesta germinativa, en *Pinus halepensis* Mill., de las semillas de las piñas, serótinas y no serótinas, en relación a particulares condiciones ambientales post-incendio (altas temperaturas del aire y elevado valor del pH del terreno) han demostrado la mayor resistencia de las semillas de las piñas serótinas, en términos de germinación, al shock térmico y a las alteraciones del pH del terreno (Goubitz y otros 2003).

La estrategia de la supervivencia de la especie, almacenaje de la semilla en la copa, dispersión abundante de semillas después del fuego, mimetismo cromático y cambio gradual del color de las semillas (Saracino y otros 1997), difusión selectiva y gradual de las semillas que tienen las mejores características biológicas (Saracino y Leone 1994), inducen a una regeneración grande y vigorosa.

Sin embargo, la germinación de las semillas sin la protección del cono, una situación similar a la que se da en el suelo después de que se produzca su dispersión, disminuye con temperaturas elevadas (a partir de 70°C, aproximadamente).

En fin, la regeneración post-incendio de los pinos depende principalmente del banco de semillas almacenado en las copas y, por tanto, explican las importantes diferencias en la regeneración post-incendio que se observan entre especies, y entre zonas que han experimentado distintas intensidades de fuego.

Los **objetivos** de este trabajo son la variación de la temperatura en el interior de las piñas y la tolerancia de las semillas a diversas intensidades del fuego en función, de la temperatura alcanzada y del tiempo de exposición de la especie *Pinus halepensis* Mill.

Material y Métodos

Zona de estudio

El material vegetal usado en el presente estudio, o sea piñas de *Pinus halepensis*, ha estado recogido en dos zonas situadas en el sur de Italia, una en la provincia de Taranto y otra en la de Salerno, que habitualmente sufren numerosos incendios.

La primera zona es el monte público la “Perronello” (3,200 ha) (Lat. 40° 27' 43” Nord; Se encuentra situado en el litoral oeste del mar Jónico, siendo un pinar de origen natural de *P. halepensis* Mill., en dunas arenosas, recientemente formadas, y declarada Reserva Naturale Biogenetica.

Esta zona presenta un clima típico mediterráneo: lluvias abundantes en el periodo otoñal-invierno con una precipitación media anual de 535 mm. Tiene una marcada y prolongada sequía desde el principio de abril hasta los primeros diez días de octubre (temperatura media anual 15.8 ° C; temperatura media del mes más frío 8.2 ° C y temperatura media del mes más caliente 24.9 °C).

El área está azotada en determinadas estaciones por los vientos que provienen desde los cuadrantes meridionales y septentrionales. La vegetación está representada por pinar puro de *Pinus halepensis* Mill. coetáneas, su acompañamiento está formado por típicos arbustos esclerófilos perennes mediterráneos (Francini 1953), prevaleciendo *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus salvifolius*, que pertenecen a la asociación *Plantago-Pinetum halepensis* (Bartolo y otros 1985).

La segunda zona es la “Pineta di Sant’ Iconio” (350 ha) (Marina di Camerota, SA). Es un pinar autóctono situado sobre depósitos arenosos típicos del ambiente dunas y retrodunas (Lat. 40° 0' N; Long. 15° 22' E).

En la zona se registra la temperatura media anual de 16.7 °C con pluviosidad de 792 mm al año y lluvias concentradas en el periodo de Octubre-Abril.

Los valores de pluviosidad mayores a los 100 mm en el periodo de Octubre-Diciembre; se observan además periodos de sequía demasiado acentuados sobre todo en el periodo de mayo-septiembre.

La vegetación está representada por árboles de *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea* y *Pistacia lentiscus* y varias especies matorrales *Rosmarinus officinalis* (romero) algunos ejemplares de *Vitex agnus-castus* (ladano) y *Ramnus alaterno* (alaterno) *Erica arborea*, *Spartium junceum* y *Mirtus communis*

Las dos áreas están en la zona fitoclimática del Lauretum II° tipo, baja-zona caliente.

Las piñas han sido recogidas, en las dos áreas, en los meses de octubre y diciembre, de 6 pies maduros de *Pinus halepensis* Mill. de la misma edad y dimensión, recientemente caídos, los pies, por la acción del viento.

La recogida de las piñas ha sido realizada en 3 partes de la copa de 6 pies maduros de pino carrasco.

Se han recogido piñas grises (más adultas) y marrones (de menor edad), considerando que las primeras, de consistencia gessosa son seguramente serótinas.

Tratamientos térmicos piñas

Fueron muestreadas veinte piñas serótinas (las viejas piñas grisáceas de ramas superiores) y veinte no serótinas (piñas parduscas de ramas más bajas) para evaluar las diferencias de transmisión del calor dentro de ambos tipos de piñas. Las temperaturas que se alcanzan en un incendio forestal están sobre 200-300 °C en fuegos de baja intensidad y de 400-500 °C en fuegos de alta intensidad (Trabaud 1980). Se seleccionaron 5 piñas serótinas y 5 no serótinas de 6 árboles de 50 años de edad de cada localidad (40 piñas por localidad), fueron sometidas a cuatro combinaciones de tiempo x temperatura para simular diversos escenarios:

250° x 1' (escenario 1: fuego rápido y de baja intensidad), 250° x 3' (escenario 2: fuego lento y de baja intensidad),

400° x 1' (escenario 3: fuego rápido y de alta intensidad), 400° x 3'. (escenario 4: fuego lento y de alta intensidad).

En total se efectuaron 16 tratamientos térmicos, 8 de cada localidad (4 de cada color de piña). Fue utilizada una mufla de laboratorio (12PR/300, Tmax 1200 °C) para simular las temperaturas alcanzadas en un incendio forestal. También fue considerada la velocidad y la propagación del fuego, simulando esto con diversos tiempos de exposiciones.

Para medir temperaturas dentro de las piñas, cada piña de pino carrasco, de cada tipo (serótina y no) y de cada localidad, fue perforada (paralelo al eje) en tres puntos: un agujero casi central, uno cerca del eje y uno más externo para comprobar la temperatura debajo de las escamas.

Los termopares fueron insertados en los agujeros y sellados con masilla resistente al fuego para registrar temperaturas dentro de los conos sujetos a cuatro combinaciones de tiempo por temperatura para simular diversos escenarios.

Los valores cerca del eje central estaban demostrando las temperaturas cuáles afectaron las semillas, mientras que aquellos cerca de la escama son medidas intermedias a la situación externa.

La temperatura se midió en continuo durante el experimento por medio de termopares HOB0 (tipo K, la gama de las medidas de 0 °C a 1250 °C) insertos en las piñas. Un data logger, HOB0, fue elegido para descargar las medidas de las temperaturas y los datos. Los datos fueron analizados en software de windows. El software utilizado fue el HOB0ware

Después de los tratamientos térmicos, las semillas fueron extraídas manualmente. Cuatro replicas de 100 semillas fueron seleccionadas aleatoriamente de los conos calentados para cada escenario considerado y se pusieron en germinadores, los cuáles fueron mantenidos sobre una tabla de germinación de Jacobsen a una temperatura constante 20 °C \pm 0.5, intensidad de luz de 1250 lux y de un fotoperiodo de 8 horas.

Las semillas estuvieron humedecidas durante todo el test por capilaridad, y contadas después de 7 días y cada 3 días a lo largo de cuatro semanas (28 días).

Cuando la radícula era más larga de 2 milímetros, la semilla era registrada y quitada (Saracino y otros. 1997). Cuatro réplicas para cada tipo del cono fueron probadas como control (sin ningún calentamiento).

El análisis estadístico

El análisis de los datos fue realizada con ANOVA&MANOVA usando el software de Windows y Statgraphics Plus 5.1.

Los datos fueron transformados usando la transformación $\sqrt{\arcsin}$ para que sean probadas la normalidad y homocedasticidad.

Las figuras representan las temperaturas finales medidas y el error estándar (\pm SE). Los valores medios fueron comparados usando el test de Duncan. Todos los análisis estadísticos fueron conducidos usando un p-value ≤ 0.05

Resultados

La transmisión térmica fue medida indirectamente con diversas exposiciones de las temperaturas por unos y tres minutos desde el principio, los datos registrados son representados en las figura 1,2,3,4.

Los resultados demuestran una transmisión térmica más baja en el eje central para ambos tipos de piñas para cada escenario.

Para ambos tipos de piñas fueron encontradas diferencias significativas en la temperatura medida en el eje central y las escamas. También fueron registradas diferencias significativas entre los escenarios (diversos tiempos de exposiciones y temperatura).

Para las dos localidades Perronello y Marina di Camerota las temperaturas alcanzadas en el área interna del eje eran siempre perceptiblemente más bajas que las de la parte más externas, según lo esperado. Las condiciones desfavorables (temperaturas máximas) fueron alcanzadas en las medidas externas para los incendios lentos (un tiempo más alto de exposición) para ambas intensidades del incendio. Comparando cada escenario para ambos tipos de piñas, las temperaturas que alcanzaron (Fig.1,2,3,4) en las piñas serótinas fueron más altas para casi todas las medidas y significativamente altas cuando ambos fueron comparados.

En particular en las piñas procedentes de Perronello, las temperaturas medidas en las escamas y en el eje resultan casi siempre mayores que las medidas de la otra localidad; para las piñas procedentes de Marina di Camerota en el eje hay una situación bastante homogénea en los escenarios (4001ns, 4001s y 2501s,2501ns) las temperaturas finales son parecidas y se diferencian de las de los otros escenarios (4003ns, 4003s y 2503s,2503ns) que resultan ser diferentes y mayores; en las escamas hay una situación diferentes las temperaturas son de mayor intensidad y en el escenario 2503ns y 4003ns tienen la misma temperaturas. La situación más desfavorable fue alcanzada y en la escama de las piñas serótinas de la localidad Perronello, para el escenario baja velocidad y alta intensidad en las piñas serótinas, 90,37 °C como temperatura final y en el eje 80,4 °C por algunos minutos alcanzada en la zona de inserción de la semilla, la cuál no tenía ningún efecto significativo en la germinación; y los porcentajes de la germinación obtenidos eran similares a otros estudios (Goubitz et al. 2003; Lovreglio et al. 2005; de las Heras et al. 2007)

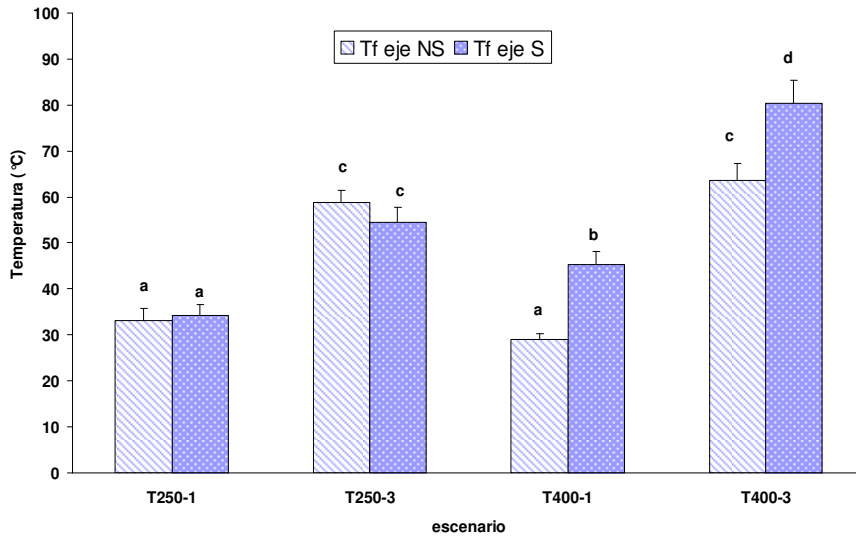


Figura 1—Temperatura final medida en el interior de las pinas en el eje de los diferentes escenarios en las piñas serótinas (S) y no serótinas (NS) de la localidad Perronello (TA). Las letras diferentes indican las diferencias significativas entre los escenarios ($p < 0,05$)

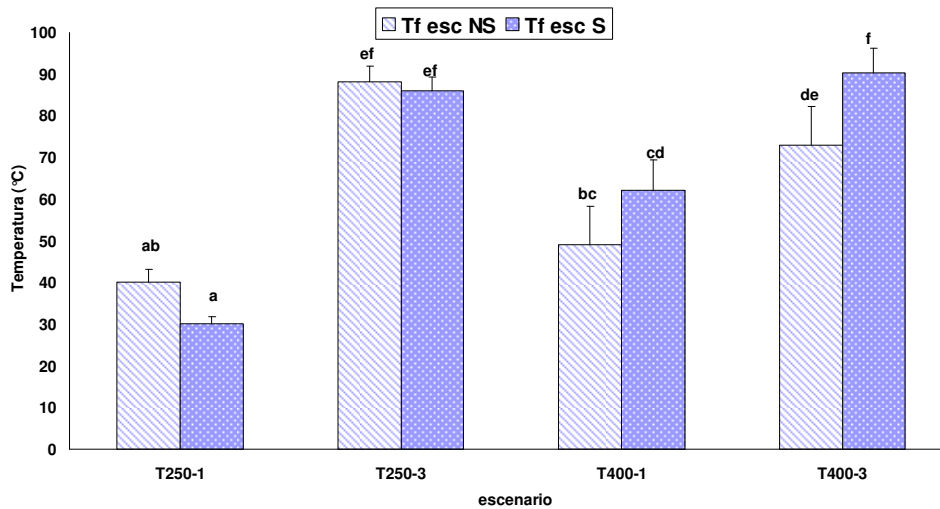


Figura 2—Temperaturas finales medidas en el interior de las pinas en la escama en los diferentes escenarios en las piñas serótinas (S) y no serótinas (N) de la localidad Perronello (TA). Las letras diferentes indican las diferencias significativas entre los escenarios ($p < 0,05$)

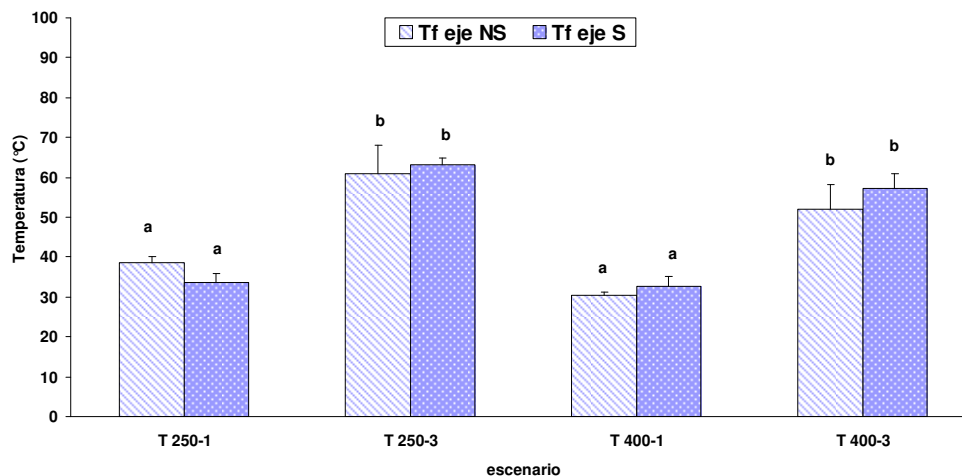


Figura 3—Temperaturas finales medidas en el interior de las piñas en el eje en los diferentes escenarios en las piñas serótinas(S) y no serótinas (NS) de la localidad marina di Camerota (SA). Las letras diferentes indican las diferencias significativas entre los escenarios ($p < 0,05$)

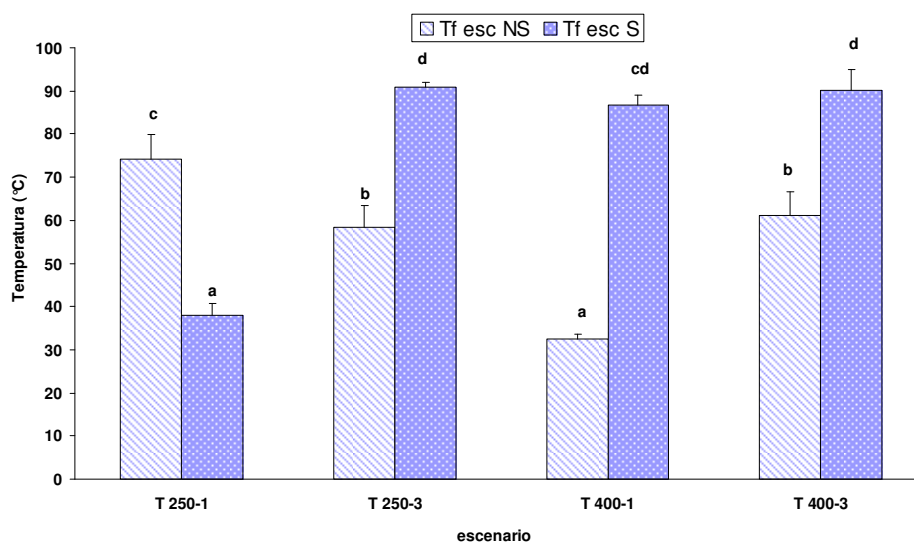


Figura 4—Temperaturas finales medidas en el interior de las pinas en la escama en los diferentes escenarios en las piñas serótinas (S) y no serótinas (NS) de la localidad Marina di Camerota (SA). La letras diferentes indican las diferencias significativas entre los escenarios ($p < 0,05$)

Discusión

Las diferencias en las temperaturas de apertura de las piñas serótinas y no serótinas, han sido bien estudiadas por Allen y Wardrop 1964, Harlow y otros 1964, Escudero y otros 1999, Habrouk y otros 1999, Nathan y otros 1999, Reyes y Casal 2002.

Las temperaturas de abertura de las piñas disminuyen con la edad de la piña, probablemente debida a los cambios en las características de la resina (Tapias y otros 2001) o al contenido de la resina (Shaw 1914; Cameron 1953), se ha observado también que muchas piñas maduras cerradas pierden su resina (Daskalakou y Thanos 1996).

El aumento de temperaturas dentro de las piñas en este estudio, se relaciona con el tipo de piña y la interacción con el tipo de piña y la intensidad de la velocidad del fuego.

Las temperaturas relativamente bajas se encontraron al interior de las piñas sujetadas a diferente tensión de calor, esta puede ser una otra confirmación de la función tapón de las escamas que actúan como protección de la envoltura de semillas contra aumento térmico en los escenarios del fuego (Moya y otros *unpublished*).

Además, las temperaturas más bajas alcanzaron siempre cerca del eje, donde un par de semillas están situadas en *loculus*, y demuestran que las semillas contenidas están preservada con seguridad en el interior del cono que representa un *safe site* pensile sensu Harper

La transmisión térmica resulta relativamente superiora en los piñas serótinas, pero las temperaturas alcanzadas no reducen la tasa de germinación, en todo caso se demuestre que a 60 °C no está influenciada la germinación (Martinez-Sanchez y otros 1995; Trabaud y Oustric 1998, Goubitz y otros 2003, Lovreglio y otros 2005).

La germinación de las semillas de conos seróticos disminuyó a altas temperaturas mantenidas durante 3'. Sin embargo, las semillas de conos maduros no seróticos no experimentaron diferencias significativas con respecto a las semillas control.

Una primera valoración de los resultados apunta a una mayor transmisión de la temperatura en las piñas serótinas con respecto a las no serótinas, y una mayor influencia sobre las semillas de estas piñas que se ve compensada por la elevada tasa de germinación de las mismas. Sin embargo las semillas que más garantizan la renovación después del fuego son las semillas de las piñas serótinas y su germinación elevada hace parte de la estrategia de la especie.

Dado que la restauración de los pinares afectados por el fuego depende de la proporción de piñas serótinas y no serótinas, con los resultados obtenidos se hace palpable la resistencia de las piñas no serótinas a elevadas temperaturas durante cortos periodos de tiempo, la general resistencia a el shock térmico de ambos tipos de semillas y el marco de la protección de los conos contra el efecto de las temperaturas. Esta última observación confirma que toda la manipulación que disminuye el número de piñas después del fuego probablemente afecta negativamente la regeneración.

Referencias bibliográficas

Artículos de revistas

- Allen, R. and Wardrop, A.B. 1964. **The opening and shedding mechanism of the female cones of *Pinus radiata***. Australian Journal of Botany 12:125-134.
- Beaufait W. R. 1960. **Some effects of high temperatures on the cones and seeds of jack pine**. For. Sci. 6: 194-199.
- Daskalakou E.N. and 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.
- Di Castri F. & Mooney H. A. 1973. **Mediterranean type ecosystems: origin and structure**. Springer-Verlag. New York
- De Las Heras J., Moya D., Lopez-Serrano F., and Condes S. 2007. **Reproduction of postfire *Pinus halepensis* Mill. stands six years after silvicultural treatments**. *Annals of Forest Science* 64:59-66.
- Despain D. G., Clark D. L., Peardon J. J. 1996. **Simulation of crown fire effects on canopy seed bank in lodgepole pine**. Intern. Journ. Wildland Fires 6: 45-49
- Escudero A., Sanz M.V., Pita J.M., and Perez-Garcia F. 1999. **Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines**. *Annals of Forest Science* 56: 511-520.
- Goubitz S., Werger M.J.A. and Ne'eman G., 2003. **Germination response to fire-related factors of seeds from non serotinous and serotinous cones**. *Plant Ecology*, 169: 195-204.
- Habrouk A., Retana J. and Espelta J. M. 1999. **Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires**. *Plant Ecology*, 145: 91-99.
- Harlow W. M., Côté W. A. & Day A. C. 1964. **The opening mechanism of pine cone scales**. *J. Forest (Washington)*, 62: 538-540.
- Lamont, B. and Enright, N.J. 2000. **Adaptive advantages of aerial seed bank**. *Plant species biology*:157-166.
- Malanson G. P. 1984. **Intensity as a 3rd factor of disturbance regime and its effects on species diversity**. *Oikos* 43, 411-413.
- Martinez-Sánchez J. J., Marin 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 southern Spain**. *Vegetatio*, 116: 69-72.
- Nathan R., Safriel U.N., Noy-Meir I., Schiller G. 1999. **Seed release without fire in *Pinus halepensis*, a Mediterranean serotinous wind-dispersed tree**. *Journal of Ecology* 87:659-669
- Naveh Z. 1975. **The evolutionary significance of fire in the Mediterranean Region**. *Vegetatio*, 29: 199-208.
- Panetsos K. P. 1981. **Monograph of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia***. *Annales Forestales* 9: 39-77.
- Reyes O. and Casal M. 1995. **Germination behaviour of 3 species of the genus *Pinus* in relation to high temperatures suffered during forest fires**. *Annals des Sciences Forestieres* 52: 385-392.

- Reyes O. and 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.** *Annals of Forest Science* 59:327-334.
- Saracino A., Pacella R., Leone V., and Borghetti M. 1997. **Seed dispersal and changing seed characteristics in a *Pinus halepensis* Mill forest after fire.** *Plant Ecology* 130:13-19.
- Sousa W. P. 1984. **The role of disturbance in natural communities.** *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15: 353-391.
- Tapias R., Gil L., Fuentes-Utrilla P. and Pardos J.A. 2001. **Canopy seed banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L.** *Journal of Ecology* 89: 629-638.
- Zwolinski, J.B., 1990. **The pine woolly aphid, *Pineus pini* (L.), a pest of pines in South Africa.** *South African Forestry Journal*, 151:52-57.

Publicaciones periódicas

- Bartolo, G., Brullo, S., Minissale, P., Spampinato, G. 1985. **Osservazioni fitosociologiche sulle pinete a *Pinus halepensis* Miller del bacino del Fiume Tellaro (Sicilia sud-orientale).** *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania* 18(325): 255-270.
- Cameron, H. 1953. **Melting point of the bonding material in lodgepole and jack pine cones.** *Canada Department of Research and Development, Forestry Branch, Silvicultural Leaflet* 86: 3
- Francini E., (1953). **Il Pino d'Aleppo in Puglia.** *Ann. Fac. Agr. Univ. Bari* vol. III°: 308-416.

Capítulo de libro o monográfico

- Gill. A. M., Groves. R. H. & Noble I. R. (eds), 1981. **Fire and the Australian biota.** *Australian Academy of Science, Canberra.*
- Nathan R., Ne'eman G. 2000. **Serotiny, seed dispersal and seed predation in *Pinus halepensis* Mill.** In Ne'eman G. and Trabaud L. (Eds.) *Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin.* Backhuis Publishers. Leiden, the Netherlands, pp. 105-118
- Leone V., Logiurato A., Saracino A, 1998. **Anatomic features of serotinous cones in *Pinus halepensis* Mill.** In: Trabaud. L. (ed.) *Fire Management and Landscape Ecology*, Int. Ass. of Wildland Fire, pp. 197-203.
- Shaw G.R. 1914. **The Genus *Pinus*.** *Publications of the Arnold Arboretum* 5.

Texto de ponencia en publicación no periódica

- Leone V., Saracino A. & Logiurato N. (1997) **Serotiny and its anatomic structure in *Pinus halepensis* Mill.** *Proceeding of International workshop: Fire. Landscape and Dynamics in the Mediterranean area.* Banyuls-sur-mer. September, 1997.
- Lovreglio,R., Salvatore, R., Giaquinta, P., and Leone,V. 2005. **Thermal treatments and germination response over time of seeds from serotinous and non-serotinous cones of *Pinus halepensis* Mill.** In: *Medpine3 International Conference "Conservation, regeneration and restoration of mediterranean pines and their ecosystems"* Proceedings, in press.
- Sannikov S.N. (1994) **Evolutionary pyroecology and pyrogeography of the natural regeneration of Scotch pine.** In: *Proc. 2nd Int. Conf. Forest Fire Research*, Vol.II, pp. 961-968. Coimbra.

Saracino A., Leone V., (1994) The **ecological role of fire in Aleppo pine forests; overview of recent research.** II International Conference on Forest Fire Research. Coimbra; 21/24 November 1994; Vol. 2, pp. 887-897.

Trabajos sin publicar

Moya D., Salvatore R., Lovreglio R, Saracino A, de las Heras J. and Leone V., 2007. **Advances in serotiny features of *Pinus halepensis* Mill .** Borrador inédito

Tesis doctoral

Trabaud L. (1980) Impact **biologique et ecologique des feux de végétation sur l'organisation, le structures et l'évolution de la vegetation des zones de garrigues du Bas-Languedoc.** Ph. D. Thesis, Université de Montpellier.