

# **EFFECTO DEL ACLAREO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DE *Pinus halepensis* Mill. EN MASAS CON DIFERENTE EDAD DE REGENERACIÓN POST-INCENDIO.**

IRAIMA VERKAIK<sup>1</sup> y JOSEP MARIA ESPELTA<sup>1,2</sup>

(1) CREAM. Edifici C. Campus Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra 08193.

(2) Autor para correspondencia. [josep.espelta@uab.es](mailto:josep.espelta@uab.es)

## **Resumen**

La regeneración natural post-incendio de bosques de pino carrasco genera a menudo masas con una elevada densidad, en las que la realización de aclareos mejora la estructura y el potencial de desarrollo. Aunque se dispone de abundante información del efecto de los aclareos sobre el crecimiento, la información que se dispone de su repercusión en los atributos reproductivos de esta especie (inicio de la reproducción, producción de piñas, serotinia) es escasa, pese a la indudable importancia de estos atributos. En esta comunicación se presentan los resultados obtenidos de aclareos en masas de pino carrasco con diferente edad de regeneración post-incendio (10, 18 y 22 años) sobre las características reproductivas. El aclareo estimuló el inicio de la reproducción y la producción de piñas, así como también incrementó la apertura de piñas serótinas, con un aumento de este último proceso en las masas de mayor edad. Los resultados obtenidos pueden contribuir a determinar el momento óptimo para la realización de aclareos en masas jóvenes de pino carrasco, atendiendo no sólo al efecto sobre el crecimiento sino también a su impacto en el banco de semillas en copa, un elemento vital ante la posible reiteración de nuevos incendios forestales.

**Palabras clave:** banco de semillas, gestión post-incendio, producción de piñas, serotinia.

## **INTRODUCCIÓN**

El pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) ha sido tradicionalmente considerado una especie favorecida por los incendios forestales, ante los que muestra una considerable capacidad de persistencia (TRABAUD 2000). Esta capacidad se ha atribuido a la combinación de diferentes características ecológicas y de su biología reproductiva, entre las que destacan su elevada precocidad reproductiva y una abundante producción de semillas, parte de las cuales quedan almacenadas y retenidas en piñas de tipo serótino (DASKALAKOU & THANOS 1996). Después del fuego, la masiva apertura de piñas y liberación de piñones conduce generalmente a una elevada densidad de regenerado (NE'EMAN *et al.* 1995, HERRANZ *et al.* 1997, MARTÍNEZ-SÁNCHEZ *et al.* 1999), lo que asegura la recuperación de la cubierta vegetal y contribuye a evitar posibles efectos negativos del incendio como procesos de erosión (TRABAUD 2000). Sin embargo, estas elevadas densidades implican también un estancamiento en el desarrollo de la masa (BOYDAK 2004), así como un aumento de la sensibilidad a nuevos incendios catastróficos, debido a la elevada continuidad tanto vertical como horizontal de la vegetación (BROWN *et al.* 2004). La reiteración de nuevos incendios puede conducir a una simplificación de la estructura de estas comunidades e incluso comprometer la continuidad de esta especie (TSITSONI 1997). Ante este escenario, se ha sugerido la necesidad de realizar tratamientos de reducción de la densidad de regenerado (aclareos), tanto para disminuir el riesgo de propagación de nuevos incendios, como para mejorar la estructura y desarrollo del bosque y estimular la capacidad reproductiva de los pinos (véase, ESPELTA *et al.* 2002, GONZÁLEZ-OCHOA *et al.* 2004). Pese a que la formación de un banco de semillas en copa es el único mecanismo que puede asegurar la persistencia de estos bosques ante futuros nuevos incendios, existen muy pocos trabajos que hayan analizado el efecto de estas prácticas sobre las características reproductivas de esta especie. El objetivo de este trabajo ha sido investigar el efecto de aclareos en la dinámica del banco de piñas en pinares con diferente edad de regeneración. Los resultados obtenidos pueden contribuir a mejorar la gestión de bosques de pino carrasco después de incendio.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El estudio se realizó durante los años 2003 y 2004 en las comarcas del Bages y Anoia (Cataluña, 41°35'-41°49'N, 1°32'-1°46'E). Las condiciones climáticas corresponden, según el índice de Thornwaite, a Mediterráneo seco-subhúmedo. El área de estudio comprende tres zonas dominadas por bosques de pino carrasco afectadas por un único incendio en diferentes años, 1982, 1986 y 1994 (en lo sucesivo I82, I86 e I94, respectivamente). En las tres zonas, la regeneración natural de pino carrasco alcanzaba una cobertura superior al 90%.

Durante el año 2003, se establecieron al azar seis parcelas experimentales de 10 m de radio en cada una de las tres zonas (I82, I86 y I94). A finales de invierno se realizó el aclareo de tres de las seis parcelas establecidas en cada una de las zonas. El aclareo consistió en una drástica reducción de la densidad de pinos para alcanzar una densidad final de aproximadamente 1.000 individuos ha<sup>-1</sup> (ESPELTA *et al.* 2004). En cada parcela se seleccionaron veinte pinos al azar en los que se identificaron y marcaron las diferentes cohortes de piñas presentes, clasificándolas en: piñas del año, inmaduras, maduras y serótinas siguiendo la metodología propuesta por DASKALAKOU & THANOS (1996) y piñas abiertas. Las piñas serótinas se diferenciaron en recientes (de 4 años y denominadas en lo sucesivo serotR) y antiguas (> 5 años y denominadas en lo sucesivo serotA). Durante el verano de 2004 se re-inventariaron todas las parcelas y partir de la verificación del estado de las piñas registradas el año anterior, así como del recuento de piñas nuevas y piñas abiertas durante el período de estudio, se calcularon las siguientes variables a nivel de parcela: i) número de nuevos pinos reproductores, ii) número de pinos que reactivaron su reproducción después de haberla detenido en años anteriores y iii) número de pinos con nuevas piñas abiertas. A nivel de cada pino se determinó: i) producción de piñas nuevas y ii) apertura de piñas maduras, serotR y serotA. El efecto de la edad de regeneración (I82, I86, I94) y del tratamiento (control, aclareo) sobre las diferentes variables se analizó mediante ANOVAs de dos factores. En las variables medidas a nivel individual (producción de piñas), se incluyó también el factor parcela anidado dentro del factor tratamiento, para valorar el efecto de las diferencias en densidad entre parcelas. En el análisis del efecto de los tratamientos experimentales sobre la apertura de piñas maduras, serotR y serotA se incluyó la covariable del número de piñas cerradas de estas cohortes en cada pino. En todos los análisis se aplicó el método secuencial de Bonferroni para controlar la tasa de error tipo I.

## RESULTADOS

El aclareo aumentó el número de pinos que produjeron piñas por primera vez (ANOVA,  $F = 2,4$ ,  $p = 0,0013$ ; aclareo =  $50,4 \pm 11,4\%$  vs. control =  $13,3 \pm 4,0\%$ ) así como el número de pinos que reactivaron su reproducción, después de haber producido alguna vez piñas pero no en el último año (ANOVA,  $F = 18,8$ ,  $p = 0,0023$ ; aclareo =  $96,5 \pm 1,5\%$  vs. control =  $66,6 \pm 6,8\%$ ). Por lo que respecta al número de pinos con piñas abiertas, existió una interacción entre la edad de regeneración y el tratamiento (ANOVA,  $F = 7,9$ ,  $p = 0,0063$ ). El número de pinos con piñas abiertas no experimentó variación en las parcelas control ni en las aclaradas de la edad de regeneración más joven (I94), mientras que se incrementó en las parcelas aclaradas en I82 ( $0,8 \pm 0,8\%$ ) y en I86 ( $6,7 \pm 4,0\%$ ). A nivel individual, se observó una interacción significativa entre la edad de regeneración y el tratamiento en el número de nuevas piñas producidas (ANOVA,  $F = 2,4$ ,  $p = 0,013$ ). El aclareo aumentó la producción de piñas en los pinos de todas las edades de regeneración, aunque este incremento fue muy superior en los pinos de I82 e I94 en comparación con los de I86 (Figura 1).

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis del efecto de la edad de regeneración y del tratamiento sobre el número de piñas abiertas de las distintas clases de edad (maduras, serotR, serotA). Debido a que no se observó la apertura de piñas en los pinos de I94, estos análisis sólo se realizaron con las parcelas de I82 e I86. El número de piñas maduras abiertas no dependió significativamente de ninguno de los factores analizados. En cambio la cantidad de piñas serótinas (serotR y serotA) abiertas dependió significativa y positivamente, aunque de forma moderada, del número de piñas cerradas de estas clases de edad (respectivamente,  $r^2 = 0,14$   $p < 0,0001$  y  $r^2 = 0,18$   $p < 0,0001$ ), así como de la interacción entre el tratamiento y la edad de regeneración en el caso de las más antiguas (serotA). Esta interacción indicó que si bien tanto en las parcelas control como en las

aclaradas el número de piñas abiertas dependía de la cantidad de piñas cerradas presentes en el árbol, para un número similar de piñas se abrieron más en las parcelas aclaradas (Figura 2). La interacción entre los tres factores analizados, sugería una importante variabilidad en este proceso en I82 y I86.

## DISCUSIÓN

El aclareo promovió un aumento en el número de pinos reproductivos y un incremento de hasta seis veces en la cosecha de piñas por individuo. Este hecho puede atribuirse a que una disminución en la densidad estimula la floración y fructificación debido al aumento en la disponibilidad de recursos (nutrientes, agua) y a los beneficios de una mayor exposición de la copa (luz, temperatura, polinización) (GRAYSON *et al.* 2004). Sin embargo, la formación del banco de semillas dependerá tanto de la producción de nuevas piñas como también de la dinámica de las piñas serótinas presentes (retención o liberación de semillas). Los individuos de menor edad (I94, 10 años) mostraron una ausencia total de piñas abiertas tanto en las parcelas control como en las aclaradas, confirmando la alta serotinidad del pino carrasco en etapas juveniles (NE'EMAN *et al.* 2004, TAPIAS *et al.* 2001). En cambio en los bosques con mayor edad de regeneración (18-22 años) nuestros datos, indican un aumento en el número de piñas serótinas abiertas por efecto del aclareo. Además del fuego, diferentes causas ambientales de carácter extremo, como la alternancia de ciclos de humedecimiento-calentamiento o vientos muy secos, han sido reconocidas como causantes de la apertura de piñas serótinas (NATHAN *et al.* 1999). En nuestro caso es probable que por efecto del aclareo las copas de los pinos estuvieran más expuestas a contrastes de temperatura y humedad., indicando la posibilidad que la apertura de piñas serótinas no únicamente pueda ser causada por eventos extremos sino también por cambios ambientales a nivel local. La mayor parte de las piñas que se abrieron corresponden a las piñas serótinas más antiguas (> 4 años). Este hecho podría deberse a dos tipos de causas. Por un lado, la competencia directa por el agua que puede generarse con otras partes de la planta podría favorecer la pérdida de humedad en estas piñas y facilitar su apertura (MIDGLEY & ENRIGHT 2000). Por otro lado, otros estudios han atribuido la pérdida de serotinidad a cambios con el tiempo en las propiedades de la resina (TAPIAS *et al.* 2001). El número de piñas serótinas abiertas dependió significativamente de la cantidad de piñas cerradas presentes en el árbol aunque solo de forma moderada. Esta observación indica la influencia de otros factores en este proceso y confirma el importante grado de variabilidad que muestra la serotinidad en el pino carrasco a nivel individual y poblacional (NE'EMAN *et al.* 2004, TAPIAS *et al.* 2001). Esta pérdida de serotinidad inducida por el aclareo podría interpretarse como una desventaja ya que puede repercutir en el tamaño del banco de semillas disponible. Sin embargo, la diferencia entre la producción de piñas nuevas y la apertura de piñas en las parcelas de aclareo fue considerable, especialmente en las de menor edad de regeneración y altamente serótinas (I94). Además, en todas las edades de regeneración la cantidad de piñas maduras y serótinas presentes en las parcelas aclaradas aseguraría, en términos de la magnitud del banco de semillas, la disponibilidad de suficientes propágulos para la regeneración de estas zonas ante nuevos incendios (BRONCANO 2000).

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Berta Obón, Abdessamad Habrouk y Ivette Serral su colaboración en los trabajos de campo. Este estudio ha sido financiado parcialmente por el Proyecto Interreg IIIA (I3A-100-1-E) y la Agencia Local de Desarrollo Forestal (Diputación de Barcelona).

## BIBLIOGRAFÍA

- BOYDAK, M.; 2004. Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus brutia* Ten. – a review. *Plant Ecol.* 171: 153-163.
- BRONCANO, M.J.; 2000. Patrones observados y factores que determinan la variabilidad espacio-temporal de la regeneración del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) después de un incendio. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- BROWN, R.T.; AGEE, J.K. & FRANKLIN, J.F.; 2004. Forest restoration and fire: Principles in the

context of place. *Conserv. Biol.* 18(4): 903-912.

DASKALAKOU, E.N. & THANOS, C.A.; 1996. Aleppo pine (*Pinus halepensis*) Postfire Regeneration: The Role of Canopy and Soil Seed Banks. *Int. J. Wildland Fire* 6(2): 59-66.

ESPELTA, J.M.; RODRIGO, A.; HABROUK, A.; MEGHELLI, N.; ORDÓÑEZ J.L. & RETANA, J.; 2002. Land use changes, natural regeneration patterns, and restoration practices after a large wildfire in NE Spain: Challenges for fire ecology and landscape restoration *In: L. Trabaud & R. Prodon (eds.) Fire and Biological Processes: 315-324.* Backhuys Publishers, Leiden.

ESPELTA, J.M.; OBÓN, B. i VERKAİK, I.; 2004. Seguiment dels treballs silvícoles realitzats en zones cremades a la Província de Barcelona. Memòria 2004, Agència Local de Desenvolupament Forestal (Diputació de Barcelona), Barcelona.

GONZÁLEZ-OCHOA, A.I.; LÓPEZ-SERRANO, F.R. & DE LAS HERAS, J.; 2004. Does post-fire forest management increase tree growth and cone production in *Pinus halepensis*? *For. Ecol. Manage.* 188: 235-247.

GRAYSON, K.J.; WITWER, R.F. & SHELTON, M.G.; 2004. Distribution of mature cones, conelets, and old cones in shortleaf pine-oak stands after an uneven-aged regeneration cut. *In: K.F. Connor (ed.) Proceedings of the 12<sup>th</sup> biennial southern silvicultural research conference.* Gen. Tech. Rep. SRS-71: 590-594. Forest Service, Asheville.

HERRANZ, J.M.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; MARÍN, A. & FERRANDIS, P.; 1997. Postfire regeneration of *Pinus halepensis* Millar in a semi-arid area in Albacete province (southeastern Spain). *Ecoscience* 4(1): 86-90.

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). *For. Ecol. Manage.* 123: 1-10.

MIDGLEY, J.J. & ENRIGHT N.J.; 2000. Serotinous species show correlation between retention time for leaves and cones. *J. Ecol.* 88: 348-351.

NATHAN, R.; SAFRIEL, U.N.; NOY-MEIR, I. & SCHILLER, G.; 1999. Seed release without fire in *Pinus halepensis*, a Mediterranean serotinous wind-dispersed tree. *J. Ecol.* 87: 659-669.

NE'EMAN, G.; LAHAV, H. & IZHAKI I.; 1995. Recovery of vegetation in a natural east Mediterranean pine forest on Mount Carmel, Israel as affected by management strategies. *For. Ecol. Manage.* 75: 17-26.

NE'EMAN, G.; GOUBITZ, S. & NATHAN, R.; 2004. Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire – a critical review. *Plant Ecol.* 171: 69-79.

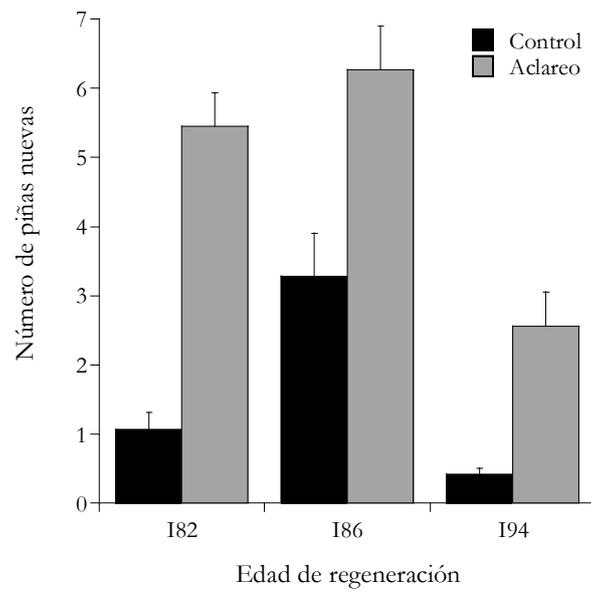
TAPIAS, R.; GIL, L.; FUENTES-UTRILLA, P. & PARDOS, J.A.; 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of south-eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *J. Ecol.* 89: 629-638.

TRABAUD, L.; 2000. Post-fire regeneration of *Pinus halepensis* forests in the west Mediterranean. *In: G. Ne'eman & L. Trabaud (eds.) Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin: 257-268.* Leiden, The Netherlands.

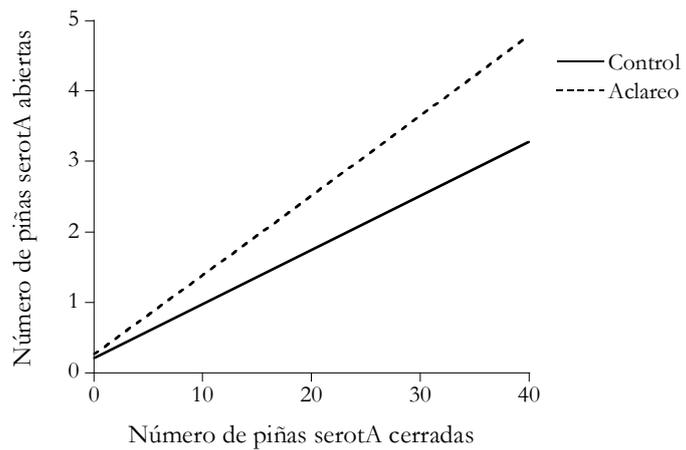
TSITSONI, T.; 1997. Conditions determining natural regeneration after wildfires in the *Pinus halepensis* (Miller, 1768) forests of Kassandra Peninsula (North Greece). *For. Ecol. Manage.* 92: 199-208.

**Tabla 1.** Valores F del ANOVA del efecto de la edad de regeneración (I82, I86, I94), tratamiento (control, aclareo) y cantidad de piñas cerradas, en el número de piñas abiertas de las diferentes clases de edad (maduras, serotR, serotA). Los efectos significativos se indican en negrita después de aplicar el método secuencial de Bonferroni.

	Piñas maduras abiertas	Piñas serotR abiertas	Piñas serotA abiertas
Edad de regeneración	1,8	0,1	1,0
Tratamiento	0,4	0,4	<b>5,4</b>
Parcela (Tratamiento)	1,6	0,5	3,7
Edad de regeneración x Tratamiento	0,2	0,2	0,6
Piñas cerradas	3,1	<b>6,0</b>	<b>10,1</b>
Piñas cerradas x Edad de regeneración	3,6	0,0	2,2
Piñas cerradas x Tratamiento	0,4	1,7	<b>10,4</b>
Piñas cerradas x Edad de regeneración x Tratamiento	0,2	0,0	<b>17,7</b>



**Figura 1.** Media  $\pm$  ES del número de piñas nuevas por pino según la edad de regeneración (182, 186 y 194) y el tratamiento (control, aclareo).



**Figura 2.** Relación entre el número de piñas serotA cerradas y abiertas en los tratamientos de control (línea continua) aclareo (línea discontinua).