

# GERMINACIÓN, SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* Y *Pinus nigra* DESPUÉS DE INCENDIOS FORESTALES

<sup>1</sup>Alvarez, R., <sup>2</sup>Valbuena, L., <sup>2</sup>Calvo, L.

(1) Área de Ecología, Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Sur. 15782 Santiago de Compostela (ecoraf@usc.es).

(2) Área de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. 24071 León, Spain. Tel. 00 34 987291567. Fax: 00 34 987 291409 (deglcg@unileon.es).

## Resumen

Las especies del género *Pinus* ocupan una importante extensión en los bosques de la Cuenca Mediterránea. Su capacidad de regeneración depende de la germinación de sus semillas y del establecimiento de las plántulas. El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento reproductivo de *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* situados en una comunidad con una elevada recurrencia de incendios. Temperaturas superiores a 150°C con tiempo de exposición de 5 minutos afectan negativamente al porcentaje de germinación de las semillas de *P. pinaster*, mientras que las otras dos especies (*P. sylvestris* y *P. nigra*) no soportan temperaturas superiores a 110°C y tiempos de exposición de 5 minutos. Así mismo, el tiempo medio de germinación es superior en *P. pinaster* que en las otras dos especies. En las tres especies estudiadas las altas temperaturas diversifican las duraciones de las dormiciones innatas de las semillas, aumentando el tiempo medio de germinación. Una vez germinadas las semillas, las elevadas temperaturas no afectan a la supervivencia de las plántulas de *P. pinaster*, pero sí a las de las otras dos especies. Los choques térmicos provocan un descenso en el desarrollo de la parte subterránea en comparación con la parte aérea en *P. pinaster* y *P. sylvestris*.

Palabras clave: Choques térmicos, Dormición, Tiempo medio de germinación, Viabilidad, Crecimiento plántulas.

## INTRODUCCIÓN

En la Cuenca Mediterránea son las comunidades del género *Pinus* unas de las más afectadas por los incendios debido al alto contenido en resinas (VÉLEZ, 2000) que favorecen el inicio y la propagación de los fuegos. Tras un incendio el reestablecimiento de la cobertura vegetal se produce bien mediante regeneración a partir de las partes subterráneas que sobreviven al fuego como es el caso de *Quercus pyrenaica* (CALVO *et al.*, 1991) o *Erica australis* (CALVO *et al.*, 1998), o bien mediante la producción de semillas que germinan cuando las condiciones son favorables como es el caso del género *Pinus* o género *Cistus* (VALBUENA *et al.*, 1992; TÁRREGA *et al.*, 1995). Dentro de este segundo grupo de especies se encuentra *P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. nigra* (MARTÍNEZ SÁNCHEZ *et al.*, 1995; ESCUDERO *et al.*, 1997; KEELEY & ZEDLER, 1998), que dependen de su banco aéreo o edáfico para regenerarse.

La capacidad de regeneración de estas especies depende sobre todo de la germinación de la propia semilla, que es muy sensible a fluctuaciones de temperatura (TRABAUD & OUSTRIC, 1989). Algunos autores (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 1995; NÚÑEZ & CALVO, 2000) comparten la idea de que la viabilidad y la germinación de las semillas se ven influenciadas por las altas temperaturas alcanzadas durante un incendio.

Pero no sólo la germinación afecta a la capacidad de regeneración, sino que también hay que tener en cuenta el establecimiento de las plántulas. Muchas veces el número de plántulas que aparecen en el campo es menor que el número de semillas presentes en el banco edáfico (VALBUENA & CALVO, 1998).

El principal objetivo del presente trabajo es analizar el comportamiento reproductivo de tres especies de pinos; *P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. nigra*. A nivel de semilla se examina su viabilidad bajo condiciones naturales y se analiza el efecto de los choques térmicos sobre la germinación. A

nivel de plántulas, se estudia la viabilidad de las plántulas tras los tratamientos de choques térmicos y se analizan los efectos de los mismos en el crecimiento de la parte aérea y subterránea de las tres especies.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***Descripción de la zona de estudio***

El material biológico usado en el estudio fueron semillas de *P. pinaster*, *P. nigra* y *P. sylvestris*. Las semillas se recolectaron en la zona de Tabuyo del Monte, situado al SW de la provincia de León, España (M.T.U.29TQG2984). Esta zona se caracteriza por presentar una elevadísima recurrencia de incendios (LUIS *et al.*, 2002), suelos pardos ácidos, con texturas arenosas o francas y un horizonte C muy pedregoso, y clima Mediterráneo con un marcado carácter continental (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987).

### ***Metodología***

Con el fin de analizar el comportamiento reproductivo de las tres especies se recolectaron piñas maduras y de árboles en pie de *P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. nigra*. La recolección tuvo lugar después del mes de octubre, momento en el que las piñas ya han madurado.

Para la apertura de las piñas de *P. pinaster* se metieron en una estufa de aire seco a 45 °C. Por el contrario, las piñas de *P. sylvestris* y *P. nigra* se sometieron a 28°C. Estas temperaturas se han elegido a partir de la información bibliográfica de apertura de los conos de estas especies (TAPIAS y GIL, 2000; REYES & CASAL, 2002a). Se ha demostrado que las temperaturas empleadas en la apertura de las piñas (45 y 28°C respectivamente) no afectan a la respuesta de germinación de sus semillas (REYES & CASAL, 2002 b, c; ÁLVAREZ, 2003).

Para analizar el efecto del fuego en la germinación se someten las semillas a altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo, para simular la acción que ejerce el fuego en condiciones naturales. Las semillas de *P. pinaster* se sometieron a las siguientes combinaciones de temperatura y tiempo de exposición mediante una estufa de aire seco: 90, 110, 150 y 200 °C durante dos tiempos de exposición; 1 y 5 minutos. Las de *P. sylvestris* y *P. nigra* sólo se sometieron a 90 y 110 °C durante 1 y 5 minutos ya que diversos autores (NÚÑEZ & CALVO, 2000) sitúan el punto crítico de germinación para estas dos especies entre 90 y 100°C. También se utilizó un control para cada especie.

Inmediatamente después de los tratamientos las semillas se dispusieron sobre 4 capas de papel Whatman en placas de Petri de 8.5 cm de diámetro, y se regaron con agua destilada. Para cada tratamiento se utilizaron 4 réplicas de 25 semillas cada una.

Las placas fueron dispuestas en una cámara de germinación a una temperatura de 20 °C ± 1°C y un fotoperiodo de 15 horas de luz/ 9 horas de oscuridad. Las semillas eran revisadas todas las semanas. Se considera que una semilla ha germinado cuando la radícula puede verse a simple vista (CÔME, 1970). El experimento se continuó durante 10 semanas.

Antes de llevar a cabo estos tratamientos se realizó el test de viabilidad del Tetrazolium (BESNIER ROMERO, 1989) a una muestra de 100 semillas de cada especie.

Una vez producida la germinación de las semillas se seleccionaron 25 plántulas al azar de cada uno de los tratamientos, y se transplantaron a recipientes de plástico. Las plantas se mantuvieron a temperatura ambiente regándose periódicamente con agua destilada durante 10 semanas. Transcurrido este tiempo se midió la longitud de la parte aérea y de la raíz principal de cada plántula.

### ***Análisis estadístico***

A partir de los datos obtenidos en las medidas de crecimiento de longitud de la parte aérea y subterránea de las plántulas se calcularon la media aritmética y el porcentaje de supervivencia de las plántulas en el tiempo.

Con los datos obtenidos en germinación se calcularon los porcentajes totales de germinación y el tiempo medio de germinación.

El tiempo medio de germinación se calculó a través de la expresión:

$$t_m = \frac{N_1 T_1 + N_2 \dots + N_n T_n}{N_1 + N_2 \dots + N_n}$$

Donde  $N_1$  es el número de semillas germinadas en el tiempo  $T_1$ ,  $N_2$  el número de semillas germinadas entre el tiempo  $T_1$  y  $T_2$ , y así sucesivamente (CÔME 1970).

Con el fin de definir la existencia de diferencias significativas entre tratamientos térmicos se aplicó un análisis de la varianza de dos vías (temperatura y tiempo de exposición). El test de SCHEFFE (1959) fue usado para detectar diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en la comparación entre pares de tratamientos. Para comprobar la normalidad se utilizó el test de David (DAVID *et al.*, 1954) y para la homocedasticidad el de Cochran (COCHRAN, 1941).

## RESULTADOS

### ***Viabilidad de las semillas del banco aéreo***

Tanto *P. pinaster* como *P. sylvestris* y *P. nigra* presentan porcentajes de viabilidad próximos al 100 % (98, 100 y 98% respectivamente). Es decir, prácticamente todas las semillas del banco aéreo de las tres poblaciones tienen capacidad para germinar y no presentan diferencias entre ellas.

### ***Porcentaje global de germinación***

Las tres especies estudiadas presentan porcentajes de germinación elevados (90%) en el control sin diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, si existen diferencias significativas ( $F=29.439$ ;  $P<0.05$ ) entre *P. pinaster* por un lado, y *P. sylvestris* y *P. nigra* por otro para la mayor parte de los tratamientos térmicos. De manera que las semillas de *P. pinaster* resisten temperaturas más elevadas que las semillas de las otras dos especies.

Las semillas de *P. pinaster* (Fig. 1a) presentan porcentajes de germinación relativamente elevados después de la mayor parte de los tratamientos. Si bien se observa una reducción significativa a temperaturas superiores a 150°C ( $F=159.384$ ,  $P<0.05$ ) y tiempo de exposición de 5 minutos ( $F=465.511$ ;  $P<0.05$ ). No hay diferencias significativas respecto al control cuando las temperaturas y/o los tiempos de exposición son bajos. *P. sylvestris* y *P. nigra* soportan un rango de temperaturas inferior que *P. pinaster* (Fig. 1b, c), ya que cuando las semillas sufren temperaturas de 110 °C durante 5 minutos el porcentaje de germinación disminuye significativamente hasta un 4% en *P. sylvestris* ( $F=990.125$ ,  $P<0.05$ ) y un 15% en *P. nigra* ( $F=1128.125$ ,  $P<0.05$ ). Para el resto de los tratamientos no se observan diferencias significativas, germinando casi el 100% de las semillas.

### ***Tiempo medio de germinación***

El tiempo medio de germinación es significativamente mayor ( $F=341.745$ ;  $P<0.05$ ) en las semillas de *P. pinaster* que en las semillas de *P. sylvestris* y *P. nigra*. La población de *P. pinaster* presenta para la mayoría de los tratamientos un tiempo medio de germinación entre 3 y 4 semanas (Tabla I), mientras que en *P. nigra* y *P. sylvestris* es de 4 días.

En las tres especies, tanto la temperatura ( $F=31.999$ ;  $P<0.05$ ) como el tiempo de exposición ( $F=51.090$ ;  $P<0.05$ ) alarga el tiempo medio de germinación respecto al control.

### ***Supervivencia de plántulas***

El porcentaje de supervivencia de las plántulas de *P. pinaster* (Tabla II) es muy elevado después de cualquier tratamiento térmico. Si bien, en el caso de *P. nigra* y *P. sylvestris*, a temperaturas de 110 °C con tiempos de exposición de 5 minutos reducen el porcentaje de supervivencia a un 25% en *P. sylvestris* y a un 7% en *P. nigra*.

### ***Crecimiento de las plántulas***

Los tratamientos térmicos reducen el crecimiento de las plántulas de *P. nigra* en 1.5 cm en

todos los tratamientos térmicos y de *P. sylvestris* en 1.2 cm en el tratamiento más intenso (T110-5). Sin embargo, las plántulas de *P. pinaster* no se ven afectadas por los tratamientos térmicos, alcanzando longitudes mayores que las otras dos especies.

Las longitudes de las raíces también son significativamente diferentes entre las tres especies, siendo *P. nigra* (14.7 cm) la que presenta una mayor longitud seguida de *P. pinaster*, (9.5 cm) y de *P. sylvestris* (8.0 cm). *P. sylvestris* ve reducido el crecimiento de sus raíces con las elevadas temperaturas en 2.6 cm. En *P. pinaster* el tratamiento térmico muy intenso (T150-5) reduce significativamente sus raíces (en 1.6 cm). En el caso de *P. nigra* no se observa ninguna relación entre el tratamiento y la longitud de las raíces.

## DISCUSIÓN

*P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. nigra* son germinadores obligatorios (KEELEY & ZEDLER, 1998), por lo tanto dependen de sus semillas para regenerarse después de cualquier tipo de perturbación. Las semillas procedentes del banco aéreo de las tres especies estudiadas presentan un porcentaje de viabilidad (casi del 100 %) y de germinación muy elevado (superior al 90%), lo que en principio garantiza la regeneración de estas poblaciones. Sin embargo, el comportamiento reproductor no es similar entre ellas, ya que las semillas de *P. sylvestris* y *P. nigra* no soportan temperaturas tan altas como las de *P. pinaster*. Las semillas de *P. pinaster* son más grandes que las de las otras dos especies y por tanto tienen una mayor probabilidad de sobrevivir porque aíslan mejor el embrión (ESCUADERO *et al.*, 2000).

Otra característica que diferencia las tres especies es el tiempo medio de germinación; que es claramente superior en *P. pinaster* que en *P. sylvestris* y *P. nigra*. Esto se debe a que las semillas de *Pinus pinaster* presentan una dormancia física ya que sus semillas son más duras o impermeables que las de las otras dos especies, lo que retrasaría la primera etapa de la germinación (la inhibición de agua) (BRADBEER, 1988). Otra posibilidad es que presenten una dormancia mecánica, al poseer una testa o endospermo más duro se demora la germinación ya que estos tejidos opondrían resistencia mecánica al crecimiento del embrión (BRADBEER, 1988). Si tiene lugar una perturbación como es el caso de un incendio, las semillas de *P. pinaster* tardan unos días en comenzar a germinar, esperando así a que las condiciones del medio sean más propicias. Esto, junto con que son capaces de resistir mejor las elevadas temperaturas alcanzadas por el fuego confiere una mayor adaptación a esta especie sobre *P. sylvestris* y *P. nigra*.

También se observa que los tratamientos térmicos influyen sobre las semillas de las tres especies retrasando el tiempo medio de germinación. Las semillas podrían responder a estos choques con una dormancia retrasada. MOLINA *et al.* (1997) encontró esta relación entre dormición y temperatura. Cuando actúan temperaturas muy elevadas sobre las semillas se podría estar diversificando las duraciones de las dormiciones innatas, consiguiendo así una germinación más prolongada en el tiempo. Esto supondría una eficaz estrategia para superar las perturbaciones recurrentes que suponen los incendios forestales.

El siguiente paso en el análisis de la regeneración es definir la capacidad que tienen las plántulas para sobrevivir una vez que han germinado. A partir de los resultados de germinación de semillas se espera un elevado número de plántulas pero a veces el número de plántulas en el campo es mucho menor que el número de semillas en el banco edáfico (NÚÑEZ & CALVO, 2000), por lo que o no todas las semillas germinan o no todas las plántulas sobreviven (FERRANDIS *et al.*, 1996, VALBUENA & CALVO, 1998). En el presente estudio se demuestra que la supervivencia de las plántulas de *P. pinaster* es elevada y no está influenciada por la temperatura a la que las semillas han estado sometidas. Sin embargo, un incremento térmico sobre las semillas de *P. sylvestris* y *P. nigra* si afecta a la supervivencia de sus plántulas. Probablemente *P. pinaster* presente unos porcentajes de supervivencia mayores que los de las otras dos especies debido a que sus semillas, de mayor tamaño, producen plantas más vigorosas y con un bajo índice de mortandad (REYES & CASAL, 2001).

El crecimiento de las plántulas de *P. pinaster* es superior al de las de *P. sylvestris* y *P. nigra*, debido al mayor tamaño de las semillas. Algunos autores como ESCUDERO *et al.* (2000) y REYES & CASAL (2001) encontraron una relación entre el tamaño de la semilla y el posterior crecimiento de la plántula. Además, las semillas más grandes tienen más reservas y mejoran el éxito de las plántulas

en ambientes ásperos como el Mediterráneo (STOCK *et al.*, 1990)

**Agradecimientos:** Este estudio ha sido financiado por la Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Castilla y León (Proyecto “Respuesta de los ecosistemas forestales a los incendios: Análisis de la potencialidad regenerativa a partir del banco de semillas” ref. LE 17/99).

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, R.; 2003. Viabilidad de semillas y plántulas de *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* después de diferentes tratamientos experimentales. Memoria de Licenciatura. Universidad de León. León.
- BESNIER ROMERO, F.; 1989. *Semillas. Biología y tecnología*. Mundiprensa. Madrid.
- BRADBEER, J.W.; 1988. *Seed Dormancy and Germination*. Chapman and Hall. New York.
- CALVO, L.; TÁRREGA, R. & LUIS, E.; 1991. Regeneration in *Quercus pyrenaica* ecosystems after surface fires. *Int. J. Wildland Fire* 1(14): 205-210.
- CALVO, L.; TÁRREGA, R. & LUIS, E.; 1998. Space.time distribution patterns of *Erica australis* L. subs. *aragonensis* (Willk) after experimental burning, cutting and ploughing. *Plant Ecol.* 137:1-12.
- COCHRAN, W.G.; 1941. The distribution of the largest of a set estimated variances as a fraction of their total. *Ann. Eugenics* 11: 47-61.
- CÔME, D.; 1970. *Les obstacles à la germination*. Mason. Paris.
- DAVID, H.A.; HARTLEY, M.O. & PEARSON, E.S.; 1954. The distribution of the ratio, in a single normal sample of range to standard deviation. *Biometrika* 41: 482-493.
- FERRANDIS, P., HERRANZ, J.M. y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; 1996. The role of soil seed bank in the early stages of plant recovery after fire in a *Pinus pinaster* forest in SE Spain. *Int. J. Wildland Fire* 6:31-35.
- ESCUADERO, A.; BARRERO, S. & PITA, J.M.; 1997. Effects of high temperatures and ash on seed germination of two Iberian pines (*Pinus nigra* ssp. *salzmannii*, *Pinus sylvestris* var. *iberica*). *Ann. Sci. For.* 54: 553-562.
- ESCUADERO, A.; NÚÑEZ, Y. & PÉREZ-GARCÍA, F.; 2000. Is fire a selective force of seed size in pine species? *Acta oecol.* 21: 245-256.
- KEELEY, J.E. & ZEDLER, P.H.; 1998. Evolution of life histories in *Pinus*. In: D.M. Richardson (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*: 219-242. Cambridge University Press. Cambridge.
- LUIS, E.; TORRES, O.; VALBUENA, L.; CALVO, L. & MARCOS, E.; 2002. Impact of large fires on a community of *Pinus pinaster*. In: L. Trabaud y R. Prodon (eds.), *Fire and Biological Processes*: 1-12. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; MARÍN, A.; HERRANZ, J.M.; FERRANDIS, P. & HERAS, J.; 1995. Effects of high temperatures on germination of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton subsp. *pinaster* seeds in southeast Spain. *Vegetatio* 116: 69-72.
- MOLINA, C.; TAPIAS, R. & GIL, L.; 1997. Influencia de la posición en la copa y del año de maduración en la germinación de las semillas de *Pinus pinaster* Ait. De la Sierra del Teleno (León, Noroeste de España). *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 6 (1-2): 53-65.
- NÚÑEZ, M.R. & CALVO, L.; 2000. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. *For. Ecol. Manage.* 131: 183-190.
- REYES, O. & CASAL, M.; 2001. The influence of seed age on germinative response to the effects on fire in *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus*. *Ann. Sci. For.* 58: 439-447.
- REYES, O. & CASAL, M.; 2002a. Effect of high temperatures on cone opening and on the release and viability of *Pinus pinaster* and *P. radiata* seeds in NW Spain. *Ann. Sci. For.* 59, 327-334.
- REYES, O. & CASAL, M.; 2002b. Experimental field emergence and early survival of six tree species in relation to forest fires. In: L. Trabaud y R. Prodon (eds.), *Fire and Biological Processes*: 277-290. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands.
- REYES, O. & CASAL, M.; 2002c. Role of fire on seed dissemination and germination of *P. Pinaster* and *P. radiata*. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 12, 111-118.

- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; 1987. *Memoria y Mapa de Series de Vegetación de España- I.C.O.N.A. Serie Técnica*. Madrid.
- SCHEFFE, H.; 1959. *The Analysis of Variance*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- STOCK, W.D., PATE, J.S. & DELFS, J. 1990. Influence of seed size and quality on seedling development under low nutrient conditions in five Australian and South African members of the Proteaceae. *J. Ecol.* 78: 1005-1020.
- TAPIAS, R. y GIL, L.; 2000. Adaptación reproductiva de las especies forestales ante el fuego. En: R. Vélez (ed.), *La defensa contra los incendios forestales. Fundamentos y experiencias*: 4.36-4.66. Mc Graw Hill. Madrid.
- TÁRREGA, R.; LUIS, E. & ALONSO, I.; 1995. Comparison of the regeneration after burning, cutting and ploughing in a *Cistus ladanifer* shrubland. *Vegetatio* 120: 59-67.
- TRABAUD, L. & OUSTRIC, J.; 1989. Influence du feu sur la germination des semences de quatre espèces ligneuses méditerranéennes à reproduction sexuée obligatoire. *Seed Sci. Technol.* 17: 589-599.
- VALBUENA, L.; TÁRREGA, R. & LUIS, E.; 1992. Influence of heat on seed germination of *Cistus laurifolius* and *Cistus ladanifer*. *Int. J. Wildland fire* 2: 15-20.
- VALBUENA, L. & CALVO, L.; 1998. Seedling establishment after a wildfire in *Pinus pinaster* Aitone and *Pinus nigra* Arn. Stands. In: *III International Conference on Forest Fire Research* 2: 1901-1911. Coimbra.
- VÉLEZ, R.; 2000. *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*. McGraw Hill. Madrid.

Tabla I. Tiempo medio de germinación en días de las semillas de *P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. nigra*.

	<i>P. pinaster</i>	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. nigra</i>
Control	18.62	4.35	4.14
T90-1	29.48	4.20	4.43
T90-5	26.79	6.14	5.65
T110-1	26.32	4.27	4.68
T110-5	29.92	15.00	18.33
T150-1	26.29		
T150-5	28.00		
T200-1	31.28		

Tabla II. Porcentaje de supervivencia de las plántulas de *P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. nigra*.

	<i>P. pinaster</i>	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. nigra</i>
Control	100 %	96 %	92 %
T90-1	96 %	84 %	100 %
T90-5	100 %	92 %	88 %
T110-1	100 %	92 %	88 %
T110-5	96 %	25 %	7 %
T150-1	100 %		
T150-5	100 %		
T200-1	92 %		

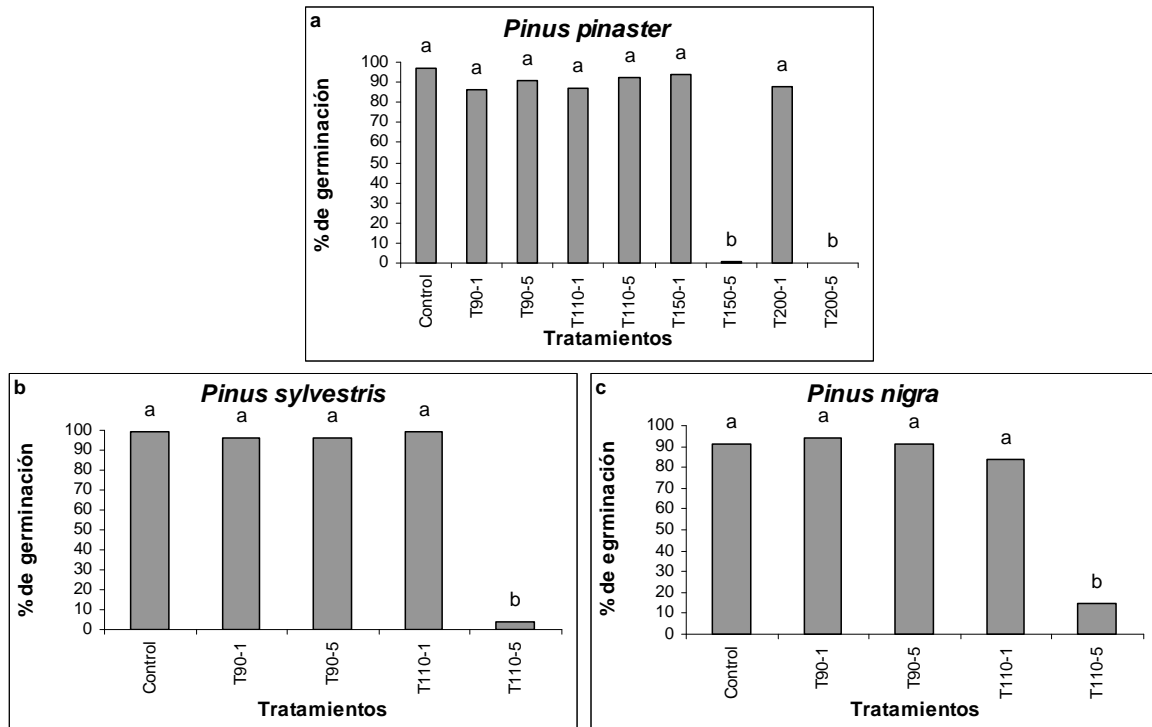


Figura 1.- Porcentaje de germinación de las semillas de las tres especies estudiadas sometidas a diferentes tratamientos térmicos. (Diferentes letras indican diferencias significativas al 95% ( $p < 0.05$ )).