

# PROBABILIDAD DE GERMINACION DE PINO SILVESTRE Y CUATRO ESPECIES DE MATORRAL TRAS TRATAMIENTO TERMICO. IMPLICACIONES PARA LA REGENERACION POST-FUEGO

M.R. NUÑEZ<sup>1)</sup>; F. BRAVO<sup>1)</sup>; L. CALVO<sup>2)</sup>

1) Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura, E.T.S. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid, Avda. de Madrid, nº 57. 34007 PALENCIA

Telf. 979 72 90 48 FAX: 979 71 20 99, Correo electrónico de contacto: [fbravo@pvs.uva.es](mailto:fbravo@pvs.uva.es)

2) Area de Ecología, Facultad de Biología. Universidad de León, Campus de Vegazana, LEON

## RESUMEN

La resiliencia al fuego ha sido descrita como una de las características de los pinares mediterráneos. La temperatura y el tiempo de exposición al fuego de las semillas modifica la capacidad de germinación de las mismas. En el estudio de la regeneración post-fuego además de considerar la influencia del fuego sobre una especie concreta debe tenerse en cuenta los efectos sobre las especies que pueden competir con la especie que nos interese. La evolución del matorral tras el fuego de masas de pino silvestre es determinante para la reinstalación de esta especie. Se ha estudiado la probabilidad de germinación de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) y de cuatro especies de matorral típicas de los páramos ácidos del norte de Castilla y León (*Cistus laurifolius*, *Halymium umbellatum*, *Halymium allysoides* y *Genista Florida*). La probabilidad de germinación ha sido estudiada utilizando un modelo logístico en el que se incluye como variables independientes el tiempo de exposición al fuego, la temperatura y la interacción de ambas.

**P.C.:** fuego, germinación, pino silvestre, matorral

## SUMMARY

Fire resiliency has been described as one of the main feature of the mediterranean pine forest stands. Temperature and exposure time to fire modify the germination capability of the seeds. Post-fire recover studies must consider the fire influence upon the considered species and its potential competitors. Shrubs species evolution is a key factor in the regeneration process of Scots pine. The probabilities of germination after fire of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and four typical shrubs species in the highlands in northern Castilla and León (*Cistus laurifolius*, *Halymium umbellatum*, *Halymium allysoides* y *Genista Florida*) were studied. A logistic model was used to study the germination probability. The model includes as independent variables exposure time, temperature and its interaction.

**P.C.:** fire, germination, Scots pine, Shrub

## INTRODUCCION

La regeneración de las masas forestales es un aspecto clave en la gestión sostenible de los bosques. El proceso de regeneración de los sistemas forestales ha sido ampliamente estudiado en ambiente mediterráneo (THANOS *et al*, 1989; CALVO *et al*, 1991; TARREGA *et al*, 1992 y 1995; TRABAUD, 1995 GONZALEZ MARTINEZ & BRAVO, 1999 y 2001) donde el fuego es un factor ecológico clave. La competencia interespecífica es uno de los factores claves en el proceso de instalación de las especies arbóreas. GONZALEZ MARTINEZ & BRAVO (2001) encontraron que la densidad del regenerado de pino silvestre está negativamente relacionado con la cobertura de frondosas y ericáceas en el Alto Valle del Ebro. Las diferencias entre las tasas de crecimiento de coníferas y frondosas (SCHEPPER, 1988) puede explicar parcialmente este hecho. Otros factores como cantidad de semilla producida, depredación de las mismas o efectos alelopáticos entre especies han sido sugerido como otros factores explicativos del mismo hecho (JÄDERLUND *et al*, 1996; GONZALEZ MARTINEZ & BRAVO, 2001). La modificación de la capacidad germinativa de las distintas especies que compiten en una estación determinada puede ser otro factor que modifique el potencial competitivo de las especies. En el caso de la regeneración tras un incendio forestal los factores que más probablemente pueden alterar la capacidad germinativa son la temperatura alcanzada por el fuego y el tiempo de residencia del mismo.

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la temperatura y tiempo de exposición al fuego de semillas de pino silvestre y de cuatro especies de matorral potencialmente competidoras mediante un modelo que permita tomar decisiones sobre el control de la vegetación competidora con la regeneración de pino silvestre.

## MATERIAL Y METODOS

Semillas de *Pinus sylvestris*, *Hallimum umbellatum*, *Halimum allysoides*, *Genista florida* y *Cistus laurifolius* han sido sometidas a diferentes tratamientos térmicos. Las semillas de *Pinus sylvestris* se obtuvieron de la Dirección General de Conservación de la Naturales, Ministerio de Medio Ambiente (cosecha de 1994-95); la región de procedencia utilizada ha sido 'Montaña soriano-burgalesa'. Las semillas de las especies de matorral se obtuvieron directamente de formaciones de matorral del norte de la provincia de León. Después de eliminar las semillas dañadas, se almacenaron en oscuridad a temperatura ambiente hasta que se realizó el experimento. Se utilizó un método ampliamente contrastado (TRABAUD & CASAL, 1989, TARREGA *et al*, 1992), Este método consiste en exponer semillas a altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo de manera que se simula la acción del fuego. De acuerdo con TRABAUD (1979) el calor de un fuego opera en un punto durante un periodo corto de tiempo (entre 5 y 15 minutos) y las temperaturas alcanzadas a 2,5 cm bajo la superficie del suelo oscila entre 44 y 150 grados. Por tanto, las semillas de pino silvestre fueron sometidas a 15 tratamientos térmicos diferentes: 70 °C (1 y 5 minutos), 90 °C (1 y 5 minutos), 110 °C (1 y 5 minutos), 130 °C (1 y 5 minutos), 150 °C (1 y 5 minutos), 170 °C (1 y 5 minutos), 190 °C (1 y 5 minutos) y un tratamiento control. Las semillas de matorral fueron sometidas a 17 tratamientos térmicos diferentes: 50 °C (1, 5, 10 y 15 minutos), 75 °C (1, 5, 10 y 15 minutos), 100 °C (1, 5, 10 y 15 minutos), 125 °C (1, 5, 10 y 15 minutos) y un tratamiento control. El tratamiento control fue incluido en el análisis de los datos como 20 °C y un minuto (ESCUDERO *et al*, 1999). La germinación se llevó a cabo en una germinadora, con condiciones constantes de 14 horas a 21 °C y luz blanca y 10 horas a 17 °C y oscuridad. Para la siembra se utilizaron placas de Petri de 9 cm de diámetro con dos discos de papel de filtro cada una, humedecidos con agua desionizada. El experimento duró seis semanas. Se consideró que la semilla había germinado cuando la radícula salía un milímetro del tegumento (COME, 1970).

Se empleó regresión logística para determinar si las variables explicativas permitían predecir la probabilidad de germinación de las especies estudiadas tras tratamiento térmico. Como variables explicativas se emplearon el tiempo de exposición al tratamiento térmico, la temperatura a que se sometían las semillas y su interacción. El modelo logístico se expresa como:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

Donde p en nuestro caso es la probabilidad de germinación y z es una función lineal que contiene las variables explicativas consideradas. Los coeficientes de la función z se obtienen mediante máxima verosimilitud. Los modelos han sido seleccionados utilizando el cambio en el valor de  $-2 \log$  de la verosimilitud entre el modelo con y sin variables explicativas (HOSMER & LEMESHOW, 1989).

## RESULTADOS

La probabilidad de germinación de pino silvestre es siempre más alta que la de las especies de matorral cuando la temperatura de exposición es baja (figura 1). La germinación de *Cistus laurifolius* está influida por el tiempo de exposición al fuego pero no por la temperatura alcanzada. En el caso de *Halimum allysoides* tanto un mayor tiempo de exposición como una mayor temperatura estimulan la germinación. Se observa en todas las especies de matorral que conforme aumenta el tiempo de exposición al incendio se reduce la temperatura precisa para que las especies de matorral tengan una mayor probabilidad de germinación que el pino silvestre.

Todos los modelos logísticos seleccionados para todas las especies contienen al tiempo de exposición como variable explicativa. En el caso de las semillas de *Pinus sylvestris* y *Halimum allysoides*, la temperatura de exposición también es significativa. Por último tan sólo en el caso de *Pinus sylvestris*, *Halimum umbellatum* y *Genista florida* la interacción entre el tiempo y la

temperatura ha resultado significativa. La tabla 1 muestra todos los modelos evaluados y los que han sido seleccionados mediante el valor del  $-2$  logaritmo de la verosimilitud y la significación de las variables explicativas. El porcentaje de clasificación correcta utilizando los modelos seleccionados oscila entre más del 95 % en el caso del pino silvestre y un 43 % en el caso de *Cistus laurifolius*. En la tabla 2 se muestran los coeficientes de los modelos seleccionados.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

La competencia entre especies arbóreas y especies de matorral y herbáceas por recursos como el agua puede limitar el éxito en la regeneración arbórea de un ecosistema forestal (DAVIS *et al*, 1998; GONZALEZ MARTINEZ & BRAVO, 2001). Esto es especialmente importante en zonas con suelos arenosos donde la retención edáfica de agua es baja. BRAVO & MONTERO (2001) determinaron que los suelos arenosos en pinares del norte de España correspondían a áreas de productividad baja. Diversos autores han señalado que la presencia de *Genista florida* está relacionada con fracasos en la regeneración de pino silvestre (MORILLO, 1987; RUBIO, 1987; SANTOS, 1987). En estos casos limitar la competencia entre especies puede favorecer la regeneración del pinar. La preparación del terreno tras la corta para favorecer la instalación de regenerado es la práctica habitual en muchas masas forestales. Una alternativa clara puede ser la ejecución de quemadas prescritas para limitar la competencia interespecífica. De los resultados obtenidos (figura 1) se puede deducir que una quema prescrita mediante un fuego que se propage a alta velocidad (tiempo de residencia de un minuto) prácticamente no afecta a la probabilidad de germinación de las semillas de pino silvestre por lo que esta especie se verá favorecida por la intervención. En cambio, una quema prescrita con un tiempo de residencia alto (10 minutos o más) perjudica a la capacidad germinativa de las semillas de pino silvestre cuando la temperatura es superior a 90 °C favoreciendo a las especies de matorral competidoras. NUÑEZ & CALVO (2000) encontraron que las altas temperaturas no favorecían la germinación de *Pinus sylvestris*. Por otra parte, TARREGA *et al* (1992) hallaron que las altas temperaturas favorecían la germinación de *Genista florida*. Por tanto, un balance entre la eliminación de especies de matorral competidoras y la estimulación de la germinación de estas especies debe tenerse en cuenta cuando se utilice la quema prescrita como medio para asegurar la regeneración del pino silvestre. Además otros aspectos como la producción de semillas, el crecimiento inicial de las plántulas, pérdidas de nutrientes tras la quema o balances económicos debe abordarse antes de proponer la extensión de las quemadas prescritas como alternativa para favorecer la regeneración del pino silvestre.

## REFERENCIAS

- BRAVO, F., G. MONTERO (2001) Site index estimation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the High Ebro Basin (northern Spain) using soil attributes *Forestry* (en prensa)
- CALVO, L., TARREGA, R., LUIS, E., (1991). Regeneration in *Quercus pyrenaica* ecosystems after surface fires. *International Journal of Wildland Fire* 1(4):205-210
- COME, D. (1970) *Les obstacles á la germination* Masson, Paris
- DAVIS, M.A., K.J. WRAGE, P.B. REICH (1998) Competition between tree seedling and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *J. Ecol.* 86:652-661
- ESCUADERO, A., M. V. SANZ, J.M. PITA F. PEREZ GARCIA (1999) Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines *Annals of Forest Science* 56:511-520
- GONZALEZ MARTINEZ, S.C., F. BRAVO (1999) Regeneración natural, establecimiento y primer desarrollo del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) Invest. Agr.: Sist.Recur. For.: Fuera de Serie nº1: 225-247
- GONZALEZ MARTINEZ, S.C., F. BRAVO (2001) Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro basin (northern Spain) *Annals of Forest Sciences* (en prensa)
- HOSMER, D.W. Jr., S. LEMESHOW (1989) *Applied logistic regression*. John Wiley and Sons, New York
- JÄDERLUND, A., O. ZACKRISSON, M.C. NILSSÖN (1996) Effects of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) litter on seed germination and early seedling growth of four boreal tree species. *J.*

MORILLO, J.M. (1987) *Estudio de las causas que limitan la regeneración natural del Pinus sylvestris L. en el cuartel 'D' del monte Cabeza de Hierro* EUITF, 307 pp (Inédito)

NUÑEZ, M.R., L. CALVO (2000) Effect of high temperatures on seed germination of *pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. *Forest Ecology and Management* 131:183-190

RUBIO, L.V. (1987) *Estudio de las causas que limitan la regeneración natural del Pinus sylvestris L. en el cuartel 'B' del monte Cabeza de Hierro* EUITF, 380 pp (Inédito)

SANTOS, M. (1987) *Estudio de las causas que limitan la regeneración natural del Pinus sylvestris L. en el cuartel 'E' del monte Cabeza de Hierro* EUITF, 380 pp (Inédito)

SCHEPPER (De) C., (1988) Typology of the natural regeneration in a middle-aged Scots Pine Forest. *Silva Gandavensis* 53:29-60.

TARREGA, R., CALVO, L., TRABAUD, L., 1(992). Effect of high temperatures on seed germination of two woody leguminosae. *Vegetatio* 102:139-147

TARREGA, R., LUIS, E., ALONSO, I., (1995) Comparison of the regeneration after burning, cutting and ploughing in a *Cistus ladanifer* shrubland. *Vegetatio* 120:56-67

THANOS, G.A., MARCOU, S., CHRISTODOULAKIS, P. and YANNITSAROS, A. (1989.) Early post-fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos island (Greece) *Acta Oecol.-Oecologia Plantarum* 10(1):79-94

TRABAUD, L. (1979) Etude du comportement du feu dans la garrigue de chêne kermes a partir des températures et des vitesses de propagation. *Ann. Sci. Forest.* 36: 13-38.

TRABAUD, L. (1995) Modalités de germination des cistes et des pins méditerranéens et colonisation des sites perturbés. *Rev. Ecol (Terre Vie)* 50, 3-14.

TRABAUD, L., M. CASAL (1989) Réponses des semences des *Rosmarinus officinalis* à différents traitements simulant une action de feu. *Acta Oecologica* 10: 355-363.

Tabla 1. Principales características de los modelos logísticos ajustados para las especies estudiadas.

Especie	model	-2 Log V (constante)	-2 Log V (modelo)	Clasif. Correcta (%)
<i>Pinus sylvestris</i>	T	2062,768	1021.425	90.1
	t		1902.824	43.6
	T, t		777.843	95.5
	T, t, T*t		<b>699.807</b>	95.8
<i>Hallymium umbellatum</i>	T	1028.629	1026.154	42.7
	T		1011.364	47.6
	T, t		1006.268	56.7
	T, t, T*t		988.884	54.9
	T, T*t		<b>993.147</b>	54.7
<i>Hallymium allisoides</i>	T	1419.749	1373.652	51.7
	T		1227.480	65.5
	T, t		<b>1193.687</b>	77.3
	T, t, T*t		1192.349	77.4
<i>Genista florida</i>	T	1332.595	1331.653	41.0
	t		1332.453	38.7
	T, t		1331.368	47.8
	T, t, T*t		1321.528	53.4
	T, T*t		<b>1324.394</b>	51.8
<i>Cistus laurifolius</i>	T	2343.092	2337.852	41.8
	T		2325.600	43.0
	t #		<b>2327.073</b>	43.0
	T, t		2322.092	53.2
	T, t, T*t		2316.731	52.5

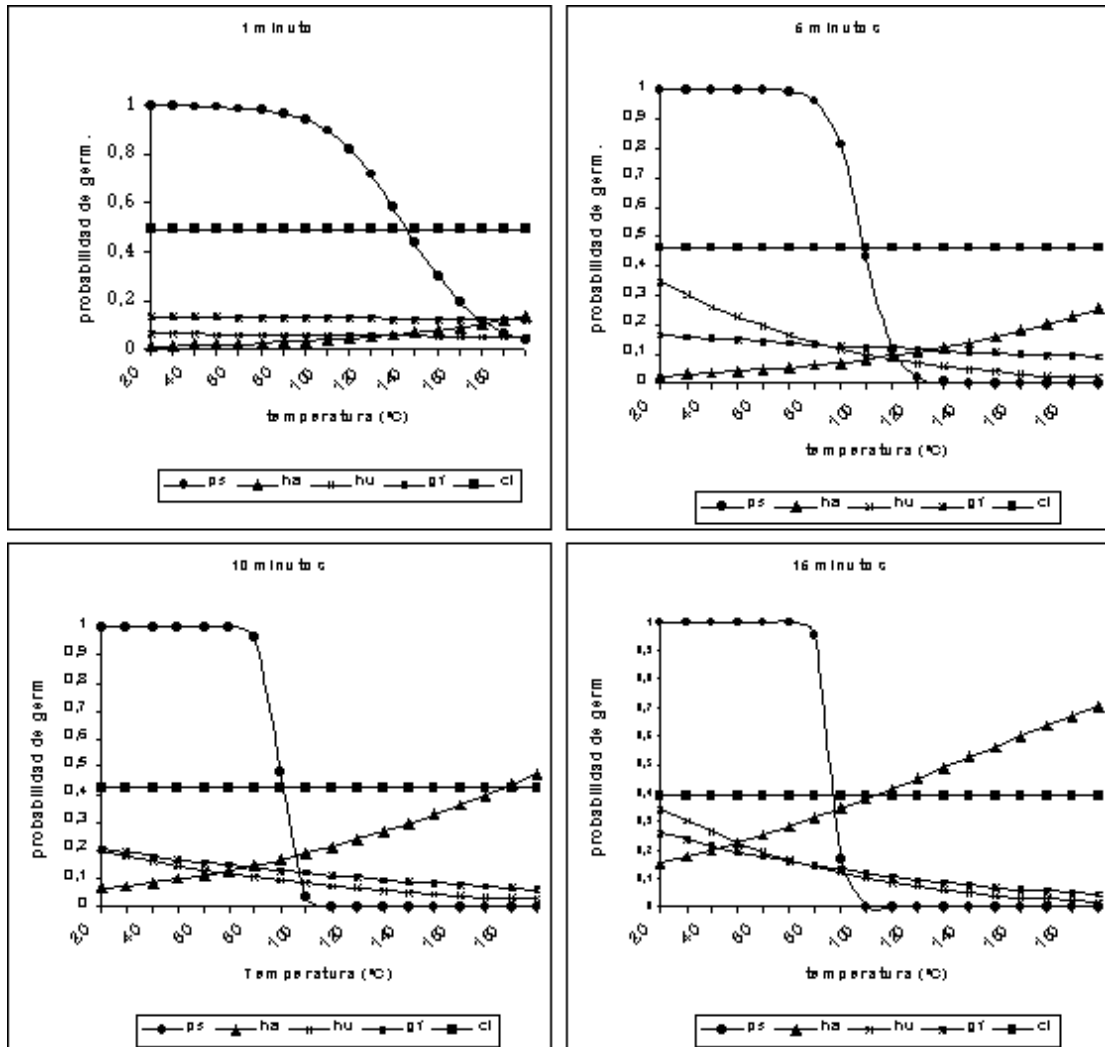
T: Temperatura; t: tiempo; #: modelo sin término independiente; - 2 Log V es el - 2 log de la verosimilitud incluyendo solo la constante o del modelo completo. Los modelos en negrita son los seleccionados. Los coeficientes de las variables en cursiva no son significativamente distintos de cero.

Tabla 2. Coeficientes de los modelos logísticos seleccionados

Especie	Término independiente	T	t	T*t
<i>Pinus sylvestris</i>	5.8138	-0.0307	2.3153	-0.0292
<i>Hallymium umbellatun</i>	-2.8443	-	0.1722	-0.00129
<i>Hallymium allisoides</i>	-4.8884	0.0150	0.1928	-
<i>Genista florida</i>	-1.9149	-	0.0727	-0.0008
<i>Cistus laurifolius</i>	-	-	-0.0293	-

T: Temperatura; t: tiempo;

Gráfico 1. Probabilidad de germinación de las especies estudiadas



ps: *Pinus sylvestris*; ha: *Hallymium allisoides*; hu: *Hallymium umbellatun*; gf: *Genista florida*; cl: *Cistus laurifolius*