

# ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA REGENERACIÓN DEL PINO SILVESTRE (*Pinus sylvestris* L.) EN MASAS FORESTALES DEL ALTO VALLE DEL EBRO.

S.C. GONZÁLEZ MARTÍNEZ & F. BRAVO OVIEDO

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL Y SILVOPASCICULTURA. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (SECCIÓN MONTES). AVDA. DE MADRID, 57. 34004 - PALENCIA.

## RESUMEN

Se exponen los primeros resultados de un amplio estudio sobre los factores que afectan a la regeneración natural del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en el Alto Valle del Ebro. Para ello se construye un modelo descriptivo de la densidad total. La competencia interespecífica, junto con el encespedamiento o la existencia de un espeso mantillo suponen las principales dificultades para la regeneración. Basado en estos resultados se propone un modelo de silvicultura para las primeras etapas del rodal.

P.C.: Regeneración natural, Silvicultura, Alto Valle del Ebro, *Pinus sylvestris*.

## SUMMARY

First results of an extensive study about factors influencing natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) are presented. In this line, a descriptive model of total density is made. The interspecific competition altogether with grassland cover and the thick humus layer are the main difficulties for regeneration. Finally, a silvicultural model for young forest stands of this species is proposed.

K.W.: Natural regeneration, Silviculture, High Ebro Basin, *Pinus sylvestris*.

## INTRODUCCIÓN

La regeneración natural conlleva una serie de etapas sucesivas en la dinámica forestal que abarca desde la iniciación de los primordios florales hasta el establecimiento y desarrollo de las plántulas. En este proceso intervienen gran número de factores muy correlacionados entre sí por lo que su estudio es muy complejo. A pesar de ello se han desarrollado gran cantidad de modelos para el estudio de la regeneración natural, algunos de ellos específicos de *Pinus sylvestris* L. (PUKKALA y KOLSTRÖM, 1992; SAKSA, 1994; ACKZELL, 1994; KUULUVAINEN et al., 1993)

## MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio corresponde a masas de pinar natural de la parte burgalesa de la región de procedencia *Alto Valle del Ebro* (T.M. del Valle de Losa y T.M. de la Jurisdicción de San

Zadornil), descrita en AGUNDEZ et al (1994). Los métodos aplicados para conseguir la regeneración han sido las cortas por aclareo sucesivo uniforme, frecuentemente con cerramiento para acotado al ganado, con eliminación manual de restos por apilado y quema. Desde 1970 es frecuente la preparación del terreno mediante decapado ligero en fajas y subsolado.

Los terrenos son del Cretácico Superior (calizas y margas), del Cretácico Inferior (menos abundantes) y calizas miocenas. Sobre ellos se desarrollan cambisoles cálcicos y luvisoles. El clima se considera de transición con precipitaciones anuales de 787 mm (123 mm durante el verano) y temperatura media anual de 11,2 °C. La mayor parte del terreno en estudio corresponde a la serie Supramediterránea Castellano-Cantábrica y Riojano Estellesa basófila del quejigo (*Spiraeo obovatae* - *Querceto faginae* sigmetum), de matiz transicional entre lo mediterráneo y lo eurosiberiano, que se instala sobre suelos de tipo margoso con alta capacidad de retención de agua. Algunas especies de su cortejo como *Viburnum lantana*, *Rosa agrestis* y *Spiraea obovata* son muy frecuentes en el Alto Valle del Ebro.

Se ha realizado un muestreo sistemático de intensidad 1 parcela/ha (100 x 100 m), con parcelas circulares de 2,5 m de radio, de los tramos en regeneración. En cada parcela se ha medido la densidad total de plántulas de diámetro normal menor de 75 mm, datos fisiográficos (altitud, pendiente, exposición y microtopografía), edáficos (profundidad estimada del suelo, contenido en arena del mismo y espesor del mantillo), ecológicos (competencia arbórea y no arbórea dividida en grupos según su función ecológica) y relativos al uso (uso ganadero, tiempo que lleva la parcela en regeneración, área basimétrica residual, distancia a la fuente de semilla y existencia o no de preparación del terreno). El muestreo se completa con el conteo en cada parcela del número de cuadrantes ocupados al menos por un pie (*Stocked Quadrant*, en MATNEY y HODGES, 1991). El porcentaje de cuadrantes con regeneración es útil en el estudio de su distribución espacial y en la predicción de futuras producciones (NERSTEN, 1984).

Se ha realizado un análisis estadístico previo consistente en un análisis descriptivo univariante de los datos, matrices de correlación, ADEVA unifactoriales y regresión lineal paso a paso. La técnica multivariante de análisis de componentes principales (ACP) se ha utilizado para sintetizar aquellas variables que se encontraban muy correlacionadas entre sí. Con las variables seleccionadas se ha construido el modelo definitivo mediante regresión lineal por mínimos cuadrados ponderados. Se han utilizado 53 parcelas para la construcción del modelo y 27 para su validación. Las variable dependiente densidad han sido transformada ( $X = \sqrt{X + 0,5}$ ) para mejorar sus malas propiedades estadísticas debidas a la presencia de ceros (SABIN y STAFFORD, 1990). La utilización de variables categóricas ha hecho necesaria la definición de variables ficticias. Ha sido necesario, por tanto, la comprobación de las hipótesis básicas de no interacción (independencia) entre variables cualitativas y cuantitativas. Se ha utilizado el paquete estadístico SAS®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad media es moderada, 4.704 pies/ha ( $\pm 1.095$  pies/ha con un nivel de confianza del 85%) con explosiones de regenerado que aumentan la cifra hasta 40.000 pies/ha en casos concretos. La distribución es irregular, con una media general del 52% de cuadrantes ocupados ( $\pm 5\%$  con un nivel de confianza del 85%), consecuencia principalmente del método de preparación del terreno (LOW, 1988) y de la gran diversidad microespacial de los factores que afectan a la existencia o no de regeneración.

La regeneración de un determinado tramo puede fallar por gran cantidad de motivos. La existencia de una capa de humus bruto de 5-10 cm (que suele acompañar al tapiz de *Vaccinium myrtillus* en el Valle de Losa) impide la regeneración en las parcelas más ácidas. Observaciones en el mismo sentido han sido descritas por LEROY (1961) para los pinares de Alsacia (Francia). El mejor modelo encontrado considera las variables de competencia interespecífica y el tiempo que lleva la parcela en regeneración. La introducción de las variables de competencia se realiza mediante los factores extraídos del análisis de componentes principales correspondiente. El modelo selecciona como significativos los factores 1 y 2 (Figura 1). El primero está muy correlacionado con la cobertura y altura media de las especies arbóreas existentes en la zona (principalmente *Q. faginea*, *Q. ilex* y *F. sylvatica*). El segundo está fuertemente correlacionado con la cobertura y altura de las plantas alelopáticas (*D. cantabrica*, *E. cinerea*, *E. vagans* y *C. vulgaris*). La cobertura y altura de las principales plantas encespedantes está ligeramente correlacionada con los dos ejes, especialmente el segundo. El tapiz herbáceo corto y cerrado supone una barrera entre la semilla y el suelo mineral muy difícil de superar (ROJO et al, 1994; ACKZELL, 1994). Estas zonas son magníficos pastizales donde el ganado tiene querencia potenciando el efecto perjudicial sobre la regeneración. En el estudio de la independencia de las variables cualitativas del modelo, la variable ficticia “*contenido en arena del suelo > 80%*” ha resultado significativa tanto en el estudio del efecto incremental ( $\text{Prob}>|T|$ : 0,0001) como en el de la interacción *contenido en arena del suelo > 80% x tiempo que lleva la parcela en regeneración* ( $\text{Prob}>|T|$ : 0,0437). La interpretación de estos resultados conlleva a diferenciar dos subpoblaciones, una formada por las parcelas con contenido en arena superior al 80 % ( $n = 7$ ) y otra por el resto de las parcelas ( $n = 46$ ). Se hace necesaria, por tanto, la construcción de un modelo para cada una de las subpoblaciones. La insuficiencia de parcelas de suelos arenosos impide que este estudio pueda abordar la elaboración del modelo para dicha subpoblación. Destacar que las densidades medias son mucho más altas en estas parcelas. El modelo para suelos no arenosos seleccionado se expone en la Figura 2. El aproximadamente 50 % de la varianza no explicada se debe a variables no incluidas en el modelo como la variabilidad genética y microclimática de los rodales, la acción de predadores de semilla y las prácticas selvícolas aplicadas (JEANSSON et al, 1989), difícilmente evaluables en la zona de estudio.

El signo de los parámetros indica que la densidad total de regenerado aumenta con el tiempo que lleve la parcela en regeneración y disminuye con la competencia interespecífica. Una estimación aproximativa al modelo para la subpoblación con contenido en arena > 80 % muestra un comportamiento diferente, al disminuir la densidad total con el tiempo. El efecto negativo de la competencia sigue existiendo pero con menor significación. Además al ser suelos arenosos y menos básicos que los habituales en el Alto Valle del Ebro, presentan comunidades herbáceas más pobres y menos abundantes. Para profundizar en el conocimiento de esta variable se ha realizado un análisis de varianza bifactorial: *preparación del suelo x contenido en arena*. La interacción de estos dos factores es significativa ( $\text{Pr}>F$ : 0,0218). Los contrastes de medias (Tabla 1) efectuados confirman las observaciones en campo y la práctica selvícola en la zona. En los suelos donde el contenido en arena es inferior al 80% la preparación del terreno es la única forma de asegurar la regeneración natural.

Cuando se excluyen del análisis bifactorial las parcelas que contienen un porcentaje de arena superior al 80%, la interacción deja de ser significativa y el efecto principal de la preparación del terreno es significativo a un 95% de confianza.

Las parcelas que detectan los análisis de valores atípicos y observaciones influyentes corresponden, en general, a valores altos de cobertura de uno u otro grupo de plantas. Estos valores extremos son característicos de la alta variabilidad de la regeneración del pino silvestre en la zona por lo que no se eliminan del modelo. Especialmente interesante es la

parcela 25 situada sobre una zona donde se quemaron restos de corta hace dos años. La eliminación total de la competencia por otras especies conllevó el establecimiento de forma explosiva de plántulas de pino.

De los resultados del análisis y evaluación del modelo destacan la presencia de varios valores atípicos en la variable *Factor 1* y la media superior a cero (0,69) de los residuos en la validación, lo que indica que el modelo infraestima ligeramente la densidad total.

## CONCLUSIONES

La influencia de las variables referentes a la estación en la densidad de regenerado se efectúa de forma indirecta a través del condicionamiento de la vegetación existente. La preparación del terreno es imprescindible en los tramos con contenido en arena inferior al 80% y en aquellos donde la cobertura de otras especies es importante. La competencia interespecífica es la mayor dificultad para la regeneración, siendo menor el efecto del ganado (dada la moderada carga existente en la zona) y la competencia intraespecífica (no es frecuente la existencia de regeneraciones explosivas). La densidad no disminuye con el tiempo siendo limitado el proceso de selección natural.

Este resultado concuerda con la teoría de dinámica forestal expuesta por OLIVER y LARSON (1996), según la cual existe un periodo de establecimiento donde la competencia por el espacio vegetativo es la determinante de la instalación de la regeneración.

Dado que los crecimientos iniciales son determinantes del futuro desarrollo y estructura del rodal (LUST, 1988; SCHEPPER, 1988), adquieren gran importancia las intervenciones selvícolas tempranas, en especial en rodales con densidades elevadas. En este caso las densidades moderadas permiten proponer una selvicultura temprana menos intensiva basada en un clareo y una limpia a los 6 años (1,30 m de  $H_0$ ) y una clara hasta 1500 pies/ha (con al menos 500 sanos y dominantes) acompañada de una poda al menos en los mejores pies a los 15-20 años (2,5-3 m de  $H_0$ ). Si es económicamente posible sería conveniente realizar otra limpia 3 años después de la preparación del terreno para disminuir la fuerte competencia herbácea.

## AGRADECIMIENTOS

Expresar nuestra gratitud al DR. G. MONTERO por sus comentarios y la ayuda bibliográfica, a A. PICARDO y F. MERINO por sus valiosas observaciones y facilitar el trabajo de campo y a los múltiples colaboradores durante la realización de éste, especialmente C. GIL, I. LÓPEZ y M.E. ABRIL.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKZELL, L. (1994). Natural regeneration on planted Clear-Cuts in Boreal Sweden. *Scand. J. For. Res.* 9: 245-250.

AGUNDEZ, D.; ALIA, R.; STEPHAN, R.; GIL, L. y PARDOS J.A. (1994) Ensayo de procedencias españolas y alemanas de *Pinus sylvestris* L.: comportamiento en vivero y supervivencia en monte. *Ecología*, 8: 245-259.

JEANSSON, E.; BERGMAN, F.; ELFVING, B.; FALCK, J. y LUNDQVIST, L. (1989) *Natural regeneration of pine and spruce. Proposal for a research program.* Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Rapport n° 25. 67 p.

KUULUVAINEN, T.; HOKKANEN, T.J.; JÄRVINEN, E.; y PUKKALA, T. (1993). Factors related to seedling growth in a boreal Scots pine stand: a spatial analysis of a vegetation-soil system. *Can. J. For. Res.* 23: 2101-2109.

LEROY, P. (1961). Humus brut et régénération du pin sylvestre en forêt de Haguenau. *Revue Forestière Française*. Avril 1961 (4): 251-263.

LUST, N. (1988). Analysis of a natural regeneration of Scots pine forest in the High Campine after a fire. *Silva Gandavensis*, 53: 3-28.

MATNEY, T.G. y HODGES, J.D. (1991). Evaluating Regeneration Success. In: DURYEA, M.L. y DOUGHERTY (Ed.). *Forest Regeneration Manual*: 321-331. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

NERSTEN, S. (1984). *Sampling density of regeneration*. Reports of the Norwegian Forest Research Institute 38.14. 24 pp. (In Norwegian with English summary).

OLIVER, C.D. y LARSON, B.C. (1996). *Forest Stand Dynamics*. 2ª Ed. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York. 520 p

PUKKALA, T. y KOLSTRÖM, T. (1992). A Stochastic Spatial Regeneration Model for *Pinus sylvestris*. *Scand. J. For. Res.* 7: 377-385.

ROJO, A.; MONTERO, G. y ORTEGA, C. (1994). Natural regeneration in *Pinus sylvestris* L. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. I.N.I.A. Fuera de serie, 3: 107-125.

SABIN, T. E. y STAAFFORD, S.G. (1990). *Assessing the Need for Transformation of Response Variables*. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Special Publication 20: 31 pp.

SAKSA, T. (1994). Natural regeneration on prepared areas. Some reason for the variation. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. I.N.I.A. Fuera de serie, 3: 231-240.

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

		CONTENIDO EN ARENA DEL SUELO				MEDIA PONDERADA
		< 40 %	40-65 %	65-80 %	> 80 %	
PREPARACIÓN DEL TERRENO	SI	121,50 (8)	111,59 (25)	121,85 (9)	171,55 (7)	123,66
	NO	- (0)	51,48 (17)	107,02 (9)	250,22 (5)	99,66
MEDIA PONDERADA		121,50	87,26	114,44	204,33	114,36

Tabla 1. Medias y medias marginales ponderadas del análisis de varianza bifactorial *preparación del terreno x contenido en arena del suelo*. Entre paréntesis se indican el número de observaciones correspondiente a cada media. La variable respuesta densidad está transformada según la ecuación  $X=(X+0,5)^{1/2}$ .

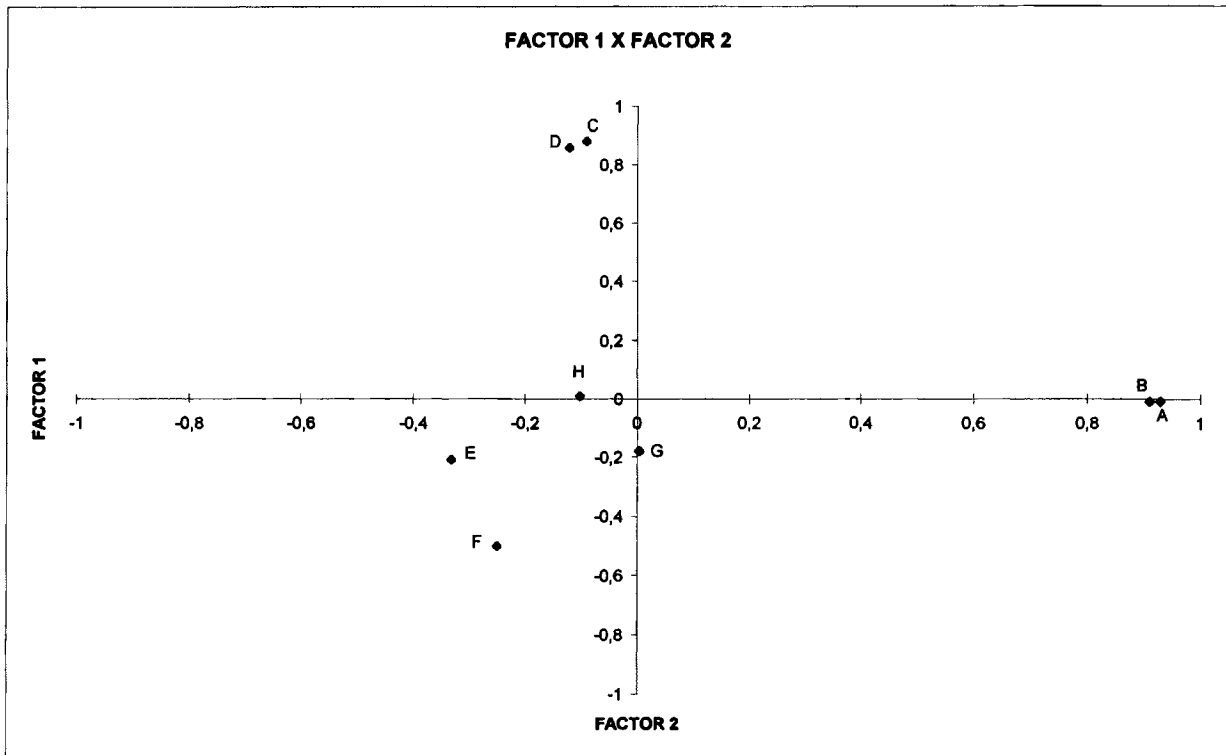


Figura 1. Gráfico del Factor 1 (34,54 % de la varianza) frente al Factor 2 (33,45 % de la varianza) en el ACP referente a competencia interespecífica. A: Cobertura arbórea. B: Altura de árboles. C: Cobertura de plantas alelopáticas. D: Altura de plantas alelopáticas. E: Cobertura de plantas encespedantes. F: Altura de plantas encespedantes. G: Cobertura del resto de las plantas. H: Altura del resto de las plantas.

<i>Análisis de Varianza</i>				
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Prob>F
Modelo	3	53,70480	17,90160	0,0001
Error	42	40,74609	0,97015	
Total	45	94,45090		
C.V.: 4,01012		R <sup>2</sup> : 0,5686	<b>R<sup>2</sup> Ajustada: 0,5378</b>	
<i>Estimación de los Parámetros</i>				
Variable	DF	Estimación de los Parámetros	Error Estándar	Prob> T
CONSTANTE	1	14,012473	8,15441031	0,0931
TIEMPO	1	2,738499	0,69937223	0,0003
FACTOR 1	1	-11,831937	2,12018168	0,0001
FACTOR 2	1	-9,512712	4,40838849	0,0367

Figura 2. Análisis de varianza y estimación de los parámetros del modelo de densidad de regenerado para la subpoblación de suelos con contenido en arena < 80 %.