EFECTOS DE LA DENSIDAD DE REGENERACIÓN TRAS INCENDIO SOBRE LA CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DEL REGENERADO DE *PINUS PINASTER* AIT. EN LA REGIÓN DE PROCEDENCIA DE OÑA

G. Sanz de la Fuente; M. del Río Gaztelurrutia y R. Sierra de Grado

Universidad de Valladolid. Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura. E.T.S. de Ingenierías Agrarias. Avda. de Madrid 57. 34004-PALENCIA (España). Correo electrónico: delrio@inia.es

Resumen

La falta de rectitud de fuste es una de las características de las masas de Pinus pinaster Ait. de la región de procedencia Sierra de Oña. Dentro de un estudio más amplio sobre los factores que determinan este carácter, se ha analizado la posible influencia de la densidad de regeneración en la rectitud de fuste. En un regenerado natural post-incendio se han instalado nueve parcelas en las que se comparan tres densidades del regenerado (Baja <15.000, Media 15.000-40.000 y Alta >40.000 pies/ha) con tres repeticiones de cada tratamiento. En este trabajo se presentan los primeros resultados de esta experiencia. Se ha realizado una caracterización de los tres tipos de masa estudiados y se han analizado los efectos de la densidad de regeneración en la rectitud de fuste, altura y diámetro del regenerado.

Palabras clave: *Regeneración, Incendios, Pinus pinaster, Rectitud, Nieve*

INTRODUCCIÓN

La especie *Pinus pinaster* Ait. es la que ocupa mayor extensión (aproximadamente 1.250.000 ha) de todas las coníferas con importancia forestal en la península Ibérica debido a su extensa distribución y su frecuente uso en los planes de repoblaciones.

Para esta especie se han descrito veinte regiones de procedencia (ALÍA et *al.*, 1996), centrándose este trabajo en la procedencia Sierra de Oña (Burgos). Esta región de procedencia se caracteriza por la mala calidad y tortuosidad de sus fustes y un escaso crecimiento en altura, aunque tiene un crecimiento medio en diámetro normal. Presenta bastante tendencia al policiclismo. Produce gran cantidad de piñas y tiene un espesor de corteza importante, lo que evidencia una adaptación al fuego. Esta procedencia está aislada geográfica y genéticamente del resto de poblaciones de esta especie, por lo que sólo es recomendable su uso en la misma región.

En *Pinus pinaster* el estudio del carácter rectitud del fuste es vital cuando se trata la mejora genética de esta especie, especialmente en las regiones de procedencia con gran tendencia a la sinuosidad, como es el caso de la Sierra de Oña. La presencia de fustes torcidos condiciona el rendimiento y calidad de la madera así como la del producto acabado, por desarrollarse madera de compresión cuando aparecen curvaturas en el tronco. Además, interviene incrementando los

costes en todo el proceso de aprovechamiento de la madera.

Por todo esto, el estudio de la rectitud del fuste es un factor a tener en cuenta en la mejora de esta especie, debiéndose investigar el componente genético, selvícola y ambiental que condicionan la forma del fuste. En esta línea los trabajos de ROUSELL (1966), YOSHIZAWA et *al.* (1986) y SIERRA DE GRADO (1993) evidencian que hay diferencias entre especies y entre familias de una misma especie en cuanto a la sensibilidad frente a los agentes deformantes y a la magnitud y velocidad de respuesta formando madera de compresión.

Dentro de un estudio más amplio sobre los factores que influyen en la rectitud de fuste en la población de pino negral en la región de procedencia de Oña, se ha considerado la posible influencia de la densidad del regenerado en la rectitud de la masa.

Con este trabajo se pretende caracterizar la regeneración tras incendio en una masa de *Pinus pinaster* y analizar la implicación de la densidad del regenerado en la rectitud del fuste, con el fin de establecer posibles intervenciones selvícolas que mejoren este carácter morfológico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio de ensayo

El ensayo se ha instalado en la Sierra de Oña en una zona quemada en el año 1991. La región de procedencia Sierra de Oña se localiza en la región natural "Estribaciones del Sistema Ibérico" subzona "Alto valle del Ebro" (NICOLÁS Y GANDULLO, 1967) en el NE de la provincia de Burgos.

Los datos termopluviométricos medios correspondientes a la estación Oña son:

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
T (ºC)	13.1	18.1	7.3	5.3
P (mm)	179.2	98.3	177.4	183.8

Los suelos de la zona están formados a partir de calizas y margas del Mesozoico, con textura arenosa y reacción desde moderada a fuertemente básicos (IGME, 1982).

Diseño del estudio

Una vez localizada la zona de regeneración a estudiar, se delimitó un territorio en el que las variables de estación sean más o menos constantes, para que los resultados finales no estén influenciados por éstas. A continuación, se realizó un muestreo piloto en el que se determinaron las distintas densidades de regeneración existentes, que varían entre 9.000-60.000 pies/ha, para establecer las clases de densidad a comparar: densidad baja (B), menor de 15.000 pies/ha; densidad media (M), entre 15.000 y 40.000 pies/ha; y densidad alta (A), mayor de 40.000 pies/ha.

Se dispusieron aleatoriamente 3 parcelas circulares de superficie fija por cada clase de densidad, intentando que las densidades fuesen lo más homogéneas posible. El radio de la parcela seleccionado es de 2,5m (19,6m2), de modo que en las parcelas de menor densidad se inventarían al menos 20 pies.

- Variables a medir.
  Para cada parcela se han medido en cada árbol las siguientes variables:
  - altura total (cm) con pértiga graduada o cinta métrica
  - diámetro en la base (mm) con calibre
  - edad (años) a través de verticilos y teniendo presente el posible policiclismo
  - rectitud, evaluada asignando una puntuación subjetiva de 1 a 3 al árbol, dentro de una escala preestablecida.

Existen clasificaciones de esta forma para rectitud de fustes en masas adultas, como la que presentada por GALERA et *al.* (1997) y SIERRA DE GRADO et *al.* (1999), pero debido a la dificultad de su aplicación en el regenerado, se ha utilizado una clasificación propia adaptada a este tipo de masas. En esta clasificación se han definido las siguientes clases de rectitud:

- Clase 1: Rectos. Flecha de la curvatura inferior al diámetro en la base.
- Clase 2: Curvados. Curvatura simple y flecha superior al diámetro en la base o inclinación menor de 45º.
- Clase 3: Torcidos. Curvatura múltiple y flecha superior al diámetro en la base o inclinación superior a 45º.

Se realizó un primer inventario al término del periodo vegetativo de 1999 y, posteriormen-

te, un segundo inventario a finales del invierno al haberse detectado cambios en las parcelas debido a las intensas nevadas del invierno 1999-2000. En este segundo inventario únicamente se midió la rectitud de cada árbol.

- Metodología estadística.

Se ha utilizado el análisis de la varianza con los datos del primer inventario para estudiar la relación entre las variables altura y diámetro en la base con la densidad de regenerado y la edad.

La influencia de la densidad de regenerado en la rectitud de fuste se ha estudiado a través de la prueba de la Chi-Cuadrado para las dos mediciones realizadas. Y, por último, se ha analizado la posible influencia de las variables altura, diámetro y edad en la rectitud de fuste, mediante regresión logística multinomial, metodología adecuada cuando la variable dependiente es cualitativa. Este último análisis sólo se ha efectuado para el primer inventario, ya que no se dispone de mediciones de altura, diámetro en la base y edad en la segunda medición.

Los análisis estadísticos se han realizado con el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS

Caracterización del regenerado

En la tabla 1 se presentan los valores medios de las nueve parcelas inventariadas. Se ha intentado instalar las parcelas de cada tratamiento con igual densidad, pero en los tratamientos de densidad media y alta ha sido necesaria cierta variabilidad. Las densidades muestreadas incluyen aproximadamente las densidades extremas de la zona, por lo tanto, se observa que la regeneración tras el incendio de 1991 ha sido buena.

Las edades observadas en cada parcela varían entre 5 y 9 años. En la figura 2 se presentan los distintos patrones de regeneración en los tres tratamientos. Según esta figura en las tres densidades la mayor parte del regenerado se instala en el segundo y tercer año tras el incendio, un 41.5 y 45% respectivamente, mientras que en el primer año sólo se instala un 3,5 % y en el cuarto año un 10% (medias de los 3 tratamientos).

Efecto de la densidad en las variables de masa

En la tabla 2 se presentan los resultados de los análisis de varianza para las variables altura total y diámetro en la base. En ambas variables se observa que existe un efecto significativo de la densidad y la edad con $\propto<0.001$. No obstante, la variación explicada es pequeña siendo el coeficiente de determinación ajustado R^2_{ad} = 0.275 para la altura y R^2_{adj} = 0.253 para el diámetro basal. Como se refleja en las figuras 2 y 3, a mayor densidad de regenerado menor diámetro medio en la base y mayor altura total.

Efecto de la densidad en la rectitud

En la tabla 3 se exponen las frecuencias de cada clase de rectitud en cada tratamiento o densidad de regenerado para las dos mediciones realizadas. En la primera medición no existen diferencias significativas entre las tres clases de

Parcela	Nºpies/ha	Hm(cm)	Dm(mm)	Dg(mm)	G(m^2/ha)
B1	9677	70.0	19.0	21.0	3.4
B2	9677	65.2	19.2	22.3	3.8
B3	9167	68.7	20.8	23.0	3.8
M1	19862	87.3	19.5	21.8	7.4
M2	32595	77.8	20.1	22.1	12.5
M3	37688	82.6	16.2	17.6	9.2
A1	63153	103.8	19.1	20.7	21.2
A2	55513	88.3	17.5	19.4	16.3
A3	55513	70.2	13.1	14.3	8.9

Tabla 1. *Variables de masa por parcela (B-densidad baja; M- densidad media; A-densidad alta).*

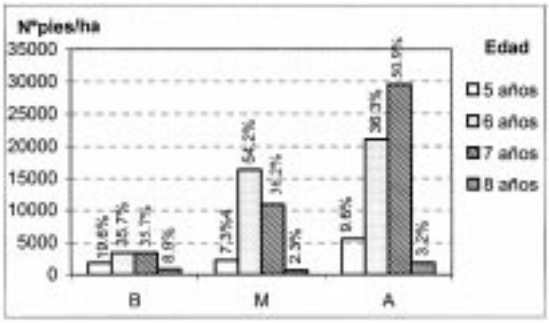

Figura 1. *Patrones de instalación del regenerado en las tres densidades muestreadas (B-baja; M-media; A-alta).*

densidad en las frecuencias de las clases de rectitud. El mayor porcentaje de pies pertenece a la mejor clase de rectitud (1), siendo aproximadamente un 65% de los árboles, seguida por la clase 2 con cerca de un 25% y la clase 3 con el menor porcentaje de pies (10%). En el segundo inventario, después de las nevadas del invierno, la situación difiere mucho existiendo diferencias significativas entre densidades de regenerado con a<0.001 (Pearson Chi-cuadrado = 63.18607; g.l.=4). En la menor densidad varían poco las frecuencias, existiendo todavía un 48.2% de los pies en la clase de rectitud 1. Sin embargo, este porcentaje baja a un 26.6% en la densidad media y a un 9.1% en la mayor densidad. Del mismo modo, el porcentaje de árboles en la clase de rectitud 3 aumenta a medida que crece la densidad del regenerado.

Los resultados de la regresión logística multinomial indican que no existe un efecto significativo de las variables altura total, diámetro en la base y edad en la rectitud de fuste. Es decir, que la rectitud de fuste de un individuo no depende de su altura, diámetro y edad.

DISCUSIÓN

La caracterización de las distintas parcelas refleja las elevadas densidades de regeneración que se consiguen en esta zona tras incendio (tabla 1). Estas densidades tienen la ventaja de asegurar el regenerado de la masa afectada por el incendio, pero pueden suponer un problema de exceso de espesura si no se interviene a tiempo. Prueba de ello son las altas áreas basimétricas encontradas en algunas parcelas, que resultan excesivas para la clase de edad de la masa (menor de 10 años).

Según los resultados presentados en la tabla 2 existen diferencias significativas en diámetro entre las tres densidades, siendo mayor cuanto menor es la densidad. Muy probablemente, estas diferencias se agudizarán en el tiempo como consecuencia de la gran competencia entre indi-

Variable	Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura (cm)	Edad	59709.242	1	59709.242	163.326	0.000
	Densidad	16193.192	2	8096.596	22.147	0.000
	Error	208748.236	571	365.584		
	Total	289433.913	574			
Diámetro Base (mm)	Edad	9991.613	1	9991.613	186.316	0.000
	Densidad	1159.056	2	579.528	10.807	0.000
	Error	30621.138	571	53.627		
	Total	41233.913	574			

Tabla 2. *Análisis de varianza para las variables altura total (cm) y diámetro en la base (mm).*

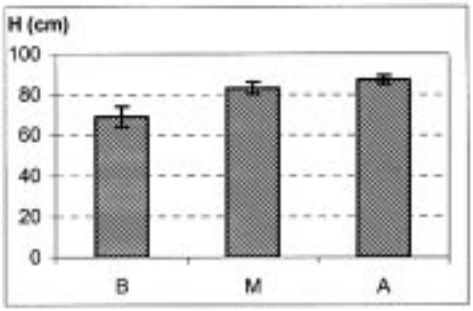

Figura 2. *Altura media y error estandar por de regenerado (B-baja; M-media; A-alta).*

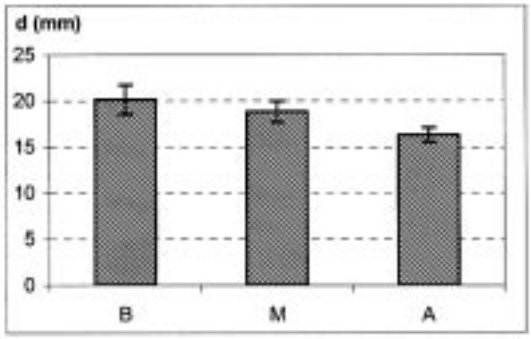

Figura 3. *Diámetro medio y error estandar por densidad de regenerado (B-baja; M-media; A-alta).densidad*

viduos en las mayores densidades, aunque en la densidad baja de este estudio la competencia también es alta. Del mismo modo, se obtiene que en las densidades más elevadas se produce un aumento del crecimiento en altura. En esta variable, es de esperar que desaparezcan las diferencias una vez alcanzada la fase de monte bravo, ya que la altura de una masa regular es función de la calidad de estación (ASSMANN, 1970).

Estas diferencias en diámetro y altura entre las distintas densidades implican que a mayor densidad de regenerado, la esbeltez de los árboles será mayor, tanto en el estado actual de la masa como a medio plazo, suponiendo un riesgo para la masa. Una prueba de la mayor sensibilidad del regenerado denso son los efectos de las nevadas acontecidas en la zona de estudio en el invierno 1999-2000. En las parcelas con mayores densidades se han doblado y aplastado muchos más árboles que en las menos densas (tabla 3). No obstante, debido a la flexibilidad de los fustes en estas edades, no se han observado roturas. A pesar de que los daños de viento y nieve nos son muy frecuentes en estas masas, es importante mantener valores bajos de densidad y esbeltez desde que la masa es joven para evitar estos daños (RÍO et *al.*, 1997), por lo que los clareos tempranos son imprescindibles cuando se producen elevadas densidades de regeneración.

La comparación de las frecuencias de clases de rectitud por clase de densidad antes y después de las nevadas (tabla 3) pone en evidencia un posible efecto de la densidad de regenerado en la rectitud de fuste futura de la masa, que se sumaría a los factores genéticos. Para poder confirmar este efecto es necesario realizar un seguimiento de las parcelas con el fin de comprobar si las peores rectitudes apreciadas en las mayores densidades se mantienen a lo largo del tiempo; o si por el contrario, los árboles son capaces de recuperar su clase de rectitud inicial, ya que en un estudio previo en el que se compararon distintos tipos de masas adultas, no se encontraron relaciones entre las variables de masa y la rectitud de fuste (GONZÁLEZ, 1999).

	Inventario 1			**Inventario 2**		
Densidad (pies/ha)	**Rectitud 1 (%)**	**Rectitud 2 (%)**	**Rectitud 3 (%)**	**Rectitud 1 (%)**	**Rectitud 2 (%)**	**Rectitud 3 (%)**
BAJA	62.50	23.21	14.29	48.21	35.71	16.07
M EDIA	65.54	25.99	8.47	26.55	47.46	25.99
ALTA	67.84	23.10	9.06	9.06	53.22	37.72

Tabla 3. *Frecuencias de árboles según clase de rectitud y clase de densidad en los inventarios 1 y 2.*

CONCLUSIONES

Las elevadas densidades de regenerado obtenidas tras incendio en esta masa de *Pinus pinaster* producen árboles con diámetros reducidos y mayores crecimientos en altura, provocando una menor estabilidad del regenerado. Como consecuencia, los daños producidos por la nieve son más acusados en las mayores densidades, obteniéndose peores rectitudes de fuste.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación por la CICYT del proyecto de investigación "Rectitud de fuste en *Pinus pinaster* Ait.: mejora genética y aplicación selvícola", y a la colaboración del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Burgos.

BIBLIOGRAFIA

ALIA, R.; MARTÍN, R.; DE MIGUEL, J.; GALERA, R. M.; AGÚNDEZ, D.; GORDO, J., SALVADOR, L.; CATALÁN, G. Y GIL, L.A.; 1996. *Regiones de procedencia. Pinus pinaster* Ait. DGCONA. Madrid.

ASSMAN, E.; 1970. *The principles of Forest Yield Study.* Pergamon Press. Oxford.

GALERA, R.M., MARTÍN, S., ALIA, R., GORDO, J., AGUADO, A. Y NOTIVOL, E.; 1997. Manual de masas productoras de semillas. Evaluación de caracteres. *Monografías INIA* 97: 1-92.

GONZÁLEZ, B.; 1999. *Estudio de rectitud de fuste y caracterización selvícola de las masas de Pinus pinaster Ait. en la región de procedencia de Oña (Burgos).* Proyecto Fin de Carrera. E.U. I.T. Forestal. Universidad de Valladolid. Palencia.

I.G.M.E.; 1982. *Mapa geológico de España. E 1:200.000 Burgos.* Ministerio de Industria y Energia. Madrid.

NICOLAS, A. Y GANDULLO, J. M.; 1967. *Ecología de los pinares españoles I. Pinus pinaster Ait.* I.F.I.E. Ministerio de Agricultura. Madrid.

RÍO, M. DEL; MONTERO, G. Y ORTEGA, A.; 1997. Respuesta de los distintos regímenes de claras a daños causados por la nieve en masas de Pinus sylvestris L. en el Sistema Central. *Invest. Agrar., Sist. Recur. For.* 6(1-2): 103-117.

ROUSSEL, L.; 1966. Le phototropisme juvénile des résineux. *Rev. For. Franç.* 11: 708-717.

SIERRA DE GRADO, R.; 1993. *Mejora genética de Pinus pinaster Ait. de la procedencia Sierra de Gredos. Caracteres de crecimiento y forma.* Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

SIERRA DE GRADO, R.; DIEZ-BARRA, R. Y ALIA, R.; 1999. Evaluación de la rectitud del fuste en seis procedencias de Pinus pinaster Ait. *Invest. Agrar., Sist. Recur. For.* 8(2): 263-278.

YOSHIZAWA, N.; OKAMOTO, Y. & IDEI, T.; 1986. Righting movement and xylem development in tilted young conifers trees. *Wood and Fiber Sci.* 18(4): 579-589.