

Respuesta a Corto Plazo del Regenerado Post-Incendio de *Pinus pinaster* Ait. a Clareos Mecanizados Intensos

Madrigal J.*, Martínez Herranz E.*, Hernando C., Gujarro M.* e Díez C.***
CIFOR-INIA. Laboratorio de Incendios Forestales. Apartado 8111. 28080 Madrid.

ESPAÑA

Vega, J.A., Pérez-Gorostiaga, P.*, Fonturbel T.*, Cuiñas P.*, Alonso
M.* e Beloso M.C***

CIFA-Lourizán. Dep. de Protección Ambiental. Apartado 127. 36080 Pontevedra.

ESPAÑA

* Investigador

** Investigador- Coordinador

Resumen. Se ha estudiado el efecto de dos intensidades de clareo y roza mecanizada sobre los crecimientos y el número de piñas por individuo, en una masa de *Pinus pinaster* Ait. afectada por un incendio forestal en 1992, en el "Monte Fraguas" (Guadalajara, Centro de España). Se presentan los resultados obtenidos en los dos años posteriores a la realización de los tratamientos. Los crecimientos diametrales, tanto de la base del fuste como a 50 cm de altura, así como de la copa, fueron significativamente mayores en las parcelas tratadas que en las testigo. Así, transcurridos dos años, los resultados muestran que en las parcelas tratadas el diámetro de la base del fuste se incrementó en un 76% mientras que en la testigo dicho incremento sólo fue de un 31%. El diámetro de copa en las parcelas tratadas aumentó un 46%, frente al 15% en las parcelas testigo. El número medio de piñas por árbol también fue significativamente mayor en las parcelas tratadas que en las testigo. En cuanto al crecimiento en altura total, el primer año fue significativamente menor (18%) en las parcelas tratadas, aunque este efecto no se mantuvo durante el segundo año.

Palabras clave: pino negral; incendio forestal; tratamiento silvícola; variables dendrométricas

Resposta a Curto Prazo da Regeneração Após Incêndio de *Pinus pinaster* Ait. por Efeito de Desbastes Mecanizados Intensos

Sumário. Um povoamento de *Pinus pinaster* em "Monte Fraguas" (Guadalajara, Centro de Espanha) afectado em 1992 por um incêndio florestal, foi seleccionado em 1999 para estudar o efeito de duas intensidades de desbaste e roça mecanizada sobre o crescimento e produção de pinhas por indivíduo. Apresentam-se os resultados obtidos nos dois anos posteriores à realização dos tratamentos. Os crescimentos em diâmetro, quer da base do tronco quer a 50 cm de altura, assim como da copa, foram significativamente maiores nas parcelas tratadas do que nas testemunhas. Assim decorridos dois anos, os resultados mostram que nas parcelas tratadas o diâmetro da base do tronco aumentou 76% enquanto que nas testemunhas apenas aumentou 31%. O diâmetro da copa, nas parcelas tratadas, aumentou 46% face a 15% nas parcelas

testemunha. A produção média de pinhas por árvore também foi significativamente mais elevada nas parcelas tratadas do que nas testemunhas. Quanto ao crescimento em altura total, no primeiro ano foi significativamente menor (18%) nas parcelas tratadas, embora este efeito não se tenha mantido no segundo ano.

Palavras-chave: pinheiro bravo; incêndio florestal; tratamento silvícola; varáveis dendrométricas

Short-Term Response of Post Fire Regeneration in *Pinus pinaster* Ait. Forest to Very Heavy Mechanical Thinning of Seedlings

Abstract. A *Pinus pinaster* stand, affected by a wildfire in 1992, was selected in 1999 in "Monte Fraguas" (Guadalajara, Central Spain), in order to study the effect on pine seedling growth and cone number per seedling of two different heavy pine seedling mechanical thinning and brush clearing. Results for two years following treatment are presented. Growth of stem diameters, at groundline and at 50 cm of height; and crown diameter, were significantly greater on thinning plots than on the control ones. Two years post-treatment results showed that the thinning plots significantly increased the groundline stem diameter growth in 76% whereas on the control only 31% was observed. The crown width of the thinning seedlings significantly expanded in 40%, whereas 15% was detected on the control ones. Cone number per seedling on treated plots was significantly greater than on the control ones. As regards total height, growth was significantly lower (18%) in treated seedlings than in the control ones, in the first year, but this effect was not observed in the second year.

Key words: maritime pine; wildfire; management; dendrometrical variables

Réponse à Court Terme de la Régénération Après Incendie de *Pinus pinaster* Ait. aux Éclaircies Mécanisées Intenses

Résumé. L'effet de deux intensités d'éclaircie et d'essartage mécanisé sur les croissances et le nombre de cônes par individu a été étudié sur un peuplement de *Pinus pinaster* Ait., parcouru par un incendie de forêt en 1992, dans le "Monte Fraguas" (Guadalajara, Centre de l'Espagne). Les résultats aux traitements des deux années suivantes aux traitements sont présentés. Les croissances des diamètres de la base des troncs et à 50 cm, ainsi que celles du houppier, sont significativement supérieures dans les placettes traitées que dans les témoins. Deux ans après les traitements, les résultats montrent que dans les placettes traitées, le diamètre de la base du tronc augmente de 76%, tandis que dans les placettes témoins ce diamètre n'augmente que de 31%. Le diamètre du houppier dans les placettes traitées s'accroît de 46%, et de 15% dans les placettes témoins. Le nombre moyen de cônes par arbre est aussi significativement plus grand dans les placettes traitées que dans les témoins. Pendant la première année, la croissance de la hauteur totale est significativement plus petite (18%) dans les placettes traitées, mais cet effet ne se maintient pas pendant la deuxième année.

Mots clés: pin maritime; incendie de forêt; traitement silvicole; variables dendrométriques

Introducción

El pino negral o resinero (*Pinus pinaster* Ait.) es la conífera que ocupa mayor superficie forestal en España, siendo el incendio forestal una de las perturbaciones que más está amenazando la estabilidad de estas

masas. Así, fue la especie más afectada por los incendios forestales en el quinquenio 1996-2000, con 36.000 ha incendiadas, lo que supuso el 25% de la superficie arbórea total quemada en dicho período (fuente: base de datos DGCN. Ministerio de Medio Ambiente, ANÓNIMO, 2002).

En relación con la regeneración post-incendio de esta especie, se presentan con frecuencia dos situaciones: o bien la regeneración es escasa e insuficiente para conseguir una masa forestal, siendo necesaria una siembra o plantación, o bien es excesiva. En estos últimos casos, dado que los crecimientos iniciales son determinantes en el futuro desarrollo y estructura del rodal, adquieren gran importancia las intervenciones selvícolas tempranas, en especial en rodales con densidades elevadas.

Con todo, no han sido suficientemente experimentados los efectos de distintas intensidades de clareo temprano sobre masas de pino resinero procedentes de regeneración post-incendio (RODRÍGUEZ *et al.*, 1997; TAPIAS *et al.*, 1997b; VEGA *et al.*, 2002). Es necesario, por tanto, conocer las variables dasométricas y ecofisiológicas que están afectando al regenerado en sus primeros estadios de crecimiento y los efectos que el clareo está produciendo en los individuos y en sus relaciones de competencia con los pies vecinos.

Los resultados de este tipo de estudios pueden ofrecer al gestor una herramienta válida para la toma de decisiones sobre cómo y cuándo actuar en masas que se encuentren en esta situación.

La planificación temporal es un hecho importante en masas adaptadas a alta recurrencia de incendios. Así, TAPIAS *et al.* (1997b, 1998), recomiendan clareos tempranos (menos de 10 años de la masa) que estimulen la puesta en luz de las copas y la fructificación precoz (TAPIAS *et al.*, 1997a), lo cual aseguraría la permanencia de un banco de semillas en caso de un nuevo incendio. Por tanto, debemos evaluar no sólo el tipo de clareo (mecanizado, manual) sino la intensidad

del mismo y el tiempo transcurrido tras el incendio, de manera que un compendio de todo ello, nos ofrezca la solución más efectiva y a la vez más económica, teniendo en cuenta que el clareo no supone aprovechamiento comercial alguno.

RODRÍGUEZ *et al.* (1997) recomiendan precisamente, para regeneraciones post-incendio de *P. pinaster*, la apertura de fajas con tractor, que es una herramienta más económica que el clareo y roza manual en aquellas zonas donde las condiciones de pendiente y tipo de suelo lo permitan. Otros autores ya han experimentado este tipo de tratamientos de clareos tempranos en otras especies como *P. halepensis* (LAPESA, 2000; SÁEZ *et al.*, 2000; GONZÁLEZ-OCHOA *et al.*, 2001), *P. pinea* (SPINELLI, 2000) y *P. nigra* (AVOLIO Y BERNARDINI, 2000). Por tal razón parece necesario comprobar qué efectos causa su ejecución sobre el regenerado procedente de incendio forestal y compararlo con otros tratamientos de clareo manual, en principio menos agresivos (VEGA *et al.*, 2002).

Con este propósito se ha efectuado una experiencia de clareo sobre regenerado post-incendio de *P. pinaster* realizando el seguimiento de las variables dasométricas y del número de piñas de los árboles en los dos primeros años tras la intervención.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio se ha realizado en el monte GU-1026, "Fraguas", del Término Municipal de Monasterio (Guadalajara). Las parcelas se encuentran localizadas en un área quemada en 1992 por un

pequeño incendio de 11,6 ha tras el cual se produjo una abundante regeneración natural en la ladera que presenta una orientación de umbría. En la ladera de solana la regeneración fue prácticamente nula. La zona de ubicación de las parcelas fue, por tanto, la ladera de umbría, que presenta una pendiente media del 10%. Las coordenadas UTM de la zona son: X=490000 m; Y=4540200 m; Z=1150 m (Huso 30, Elipsoide Hayford, Datum EUR50).

El área presenta una precipitación media anual de 766 mm, una temperatura media anual de 10,4°C, con media de las máximas del mes más cálido de 28,4°C y media de las mínimas del mes más frío de -1,8°C, correspondiendo con un fitoclima VI(IV)₁ (ALLUÉ, 1990). Los suelos de la zona presentan una productividad potencial forestal entre IIIa y IVb (SÁNCHEZ PALOMARES & SÁNCHEZ SERRANO, 2000) con lo que se pueden calificar como de calidad mediana desde el punto de vista forestal. Las texturas son franco-arcillosas y el pH de los suelos oscila entre 6,5 y 6.

La masa forestal inicial proviene de una repoblación de *Pinus pinaster*, de una procedencia sin carácter serótino, realizada durante los años 1971 y 1972, con una densidad de 1.100 pies ha⁻¹. El sotobosque está constituido principalmente por *Cistus ladanifer* y *Cistus laurifolius* presentando coberturas de hasta el 85%. Todo ello genera una estructura de gran continuidad horizontal y vertical con alto peligro de incendio.

Diseño experimental

En febrero de 2000 se replantearon 9 parcelas cuadradas de 20 m de lado

realizándose los siguientes tratamientos con 3 repeticiones en cada uno de ellos:

- ❖ Clareo y roza mecanizada por fajas: tratamiento A (Figura 1)
- ❖ Clareo y roza mecanizada por fajas, más clareo y desbroce manual en la entre-faja: tratamiento B (Figura 2)
- ❖ Testigos (T) (Figura 3)

La apertura de las fajas se realizó con un tractor de cadenas provisto de una trituradora de martillos. Se realizaron dos pasadas de tractor en todas las fajas, resultando un ancho final de 2 m en la faja y algo más de 1 m en la entre-faja. En el tratamiento B, el clareo y desbroce en la entre-faja se realizó de forma sistemática con motodesbrozadora y tijera manual de dos manos, de manera que el marco teórico final fue aproximadamente de 3 m x 2 m. Los restos se sacaron manualmente de las parcelas.

Toma de datos

Para caracterizar la masa inicial antes del clareo se realizó un pre-muestreo en cada parcela una vez replanteadas. La densidad se obtuvo por conteo pie a pie y para la medición de las variables dasométricas se tomó una muestra sistemática de 6 subparcelas rectangulares de 2 m x 1 m dentro de cada parcela, lo que supone un 3% de intensidad de muestreo en superficie.

El regenerado tenía una densidad media de 10.417±1.448 pies ha⁻¹ (media± error estándar), una altura media de 119±3,70 cm, un diámetro medio en la base de 3,1±0,13 cm y un diámetro de copa medio de 83,80±2,80 cm.



Figura 1 - Tratamiento A: Clareo y roza mecanizada por fajas de 2 m de ancho



Figura 2 - Tratamiento B: Clareo y roza mecanizada por fajas, más clareo y desbroce manual en la entre-faja. El marco final aproximado fue de 3 m x 2 m



Figura 3 - Tratamiento T: Masa testigo con una densidad entre 9000 y 12000 pies ha⁻¹

Tras la caracterización de la masa, se asignaron aleatoriamente los tratamientos a realizar en cada parcela. El resultado final fue una intensidad de clareo de un 66% de los pies en el tratamiento A (densidad final media de 4.275±477 pies ha⁻¹) y un 81% en el tratamiento B en el que además se eliminó toda la competencia de matorral (densidad final media de 1.675±63 pies ha⁻¹).

Después de los tratamientos A y T, en cada parcela se etiquetaron 8 árboles por fila espaciados regularmente (56 pinos por parcela), lo cual supone una muestra de 168 individuos. En las parcelas de tratamiento B se etiquetaron los 70 pinos (10 por fila) que quedaron en pie, aunque algunas filas no se completaron, obteniéndose una muestra total de 195 individuos.

De cada árbol etiquetado se han realizado mediciones una vez al año, tanto antes (2000) como después del clareo (2001 y 2002). Las variables seleccionadas fueron: los diámetros a 0, 50, 100 cm de altura y el diámetro de

inicio de la copa viva, la altura de inicio de la copa viva, la altura total, el crecimiento anual en altura, el diámetro de la copa (como media de dos mediciones perpendiculares entre sí) y el número de piñas por árbol en cada fecha de medición.

Tratamiento estadístico

Se ha procedido al análisis descriptivo de las variables medidas en campo en los años 2000, 2001 y 2002. Con estos datos se han obtenido los correspondientes crecimientos anuales de cada variable como diferencia de inventarios entre años sucesivos, excepto para el crecimiento en altura que se midió directamente sobre el verticilo apical. Se ha realizado un análisis de varianza de medidas repetidas con covariante constante (BISQUERRA, 1989). Este análisis se corresponde con un diseño factorial *intra-sujeto* de dos factores (3 x 2): uno de ellos corresponde a medidas repetidas sobre los mismos sujetos (*intra-*

sujetos), presentando por tanto dos niveles (Crecimiento de la variable dependiente en 2001, Crecimiento de la variable dependiente en 2002); el otro factor corresponde a los tratamientos de clareo efectuados, presentando por tanto tres niveles, con tantas repeticiones como parcelas ejecutadas (*inter-sujetos*): A (n=3), B (n=3), T (n=3). La covariante elegida fue la media de las medidas iniciales (año 2000) de cada parcela, eliminando de esta forma la influencia de esta variable en el ANOVA.

Se utilizaron los paquetes estadísticos STATGRAPHICS © y BMDP ©, así como la hoja de cálculo EXCEL © para mejorar la presentación de los datos.

Resultados

Crecimientos en altura

La altura media de los pies ha pasado de 120,81±2,16 cm antes del clareo, a 170,18±2,18 cm dos años después, lo cual supone un crecimiento absoluto de la masa de casi 50 cm (Tabla 1).

Tras comparar las tres medidas repetidas de los crecimientos anuales en altura por sujeto, antes (2000) y después del clareo (2001, 2002), podemos comprobar su evolución y la respuesta de las parcelas intervenidas respecto al tratamiento testigo (Figura 4).

Partiendo de una masa homogénea, un año después del clareo, el crecimiento en las parcelas testigo fue significativamente mayor que en las parcelas intervenidas, aunque esta diferencia es de apenas 4 cm. Sin embargo, dos años después del clareo (2002), mientras que en las parcelas testigo, los crecimientos se han mantenido, en los tratamientos A y B se ha producido un aumento significativo,

creciendo de 3 a 7 cm más que en las parcelas testigo. Así, en el tratamiento B, el crecimiento de los pies fue casi el doble que el año anterior, ofreciendo diferencias significativas *inter-sujetos* en 2002 respecto a los pies de los tratamientos A y T (Figura 4).

En lo que se refiere a la variable *Altura de inicio de la copa viva* ha pasado de una media, entre los tres tratamientos, de 21,00±0,50 cm a 23,30±0,50 cm en 2002. Por tanto, tras dos años de la intervención, la poda natural ha sido escasa y sin diferencias significativas de los crecimientos de esta variable entre tratamientos.

Crecimientos diametrales del fuste

Los diámetros del fuste han tenido un comportamiento parecido en todos los casos. Tras el primer año ya aparecieron diferencias pequeñas entre parcelas intervenidas y testigos. Esta diferencia se hizo más evidente en el año 2002, alcanzándose mayor diámetro cuanto más intenso fue el clareo (Tabla 1).

Se observa una diferencia significativa de crecimiento de los diámetros, en todas las alturas de medición, muy acusada el primer año, tanto más cuanto más intenso fue el clareo. En el segundo año esta diferencia sigue existiendo. Para el factor *intra-sujetos* (años) existe una disminución poco significativa del crecimiento en todos los tratamientos, excepto para el diámetro a 50 cm que ha aumentado en los tratamientos A y B, aunque también de manera poco significativa (Tabla 2).

Crecimiento del diámetro de copa

Existe una diferencia significativa en el diámetro de copa entre los distintos

tratamientos ya desde el primer año, pasando de una media inicial de $85,58 \pm 1,43$ cm a $133,21 \pm 2,36$ cm en 2002 para el B y $106,82 \pm 2,56$ cm para el A, lo que supone un aumento medio de más del 20% en el diámetro de copa en los pies de las parcelas intervenidas respecto a los de las testigo.

Cuando se comparan los crecimientos en los dos años sucesivos observamos

cómo las parcelas intervenidas se ven influidas el primer año por el clareo, tanto más cuanto más intenso fue éste; el segundo año la tendencia se atenúa. Por el contrario, vemos un aumento del crecimiento de la copa en las parcelas testigo a partir del segundo año, que hace que en 2002 el crecimiento de la copa de los tratamientos A y T sean similares (Figura 4).

Tabla 1 - Media y error estándar (entre paréntesis) de las variables medidas en cada tratamiento, correspondientes a la muestra del total de individuos etiquetados $n=168$ (A, T), $n=195$ (B). Se muestra la medición antes de la ejecución de clareo (2000) y en los dos años posteriores (2001, 2002)

	Antes del clareo			Después del clareo					
	2000			2001			2002		
	A	B	T	A	B	T	A	B	T
H	122,05	119,22	121,16	142,82	140,16	147,01	170,18	168,83	171,54
(cm)	(3,85)	(3,53)	(3,86)	(3,87)	(3,58)	(3,86)	(3,87)	(3,58)	(3,86)
H_{ic}	21,58	21,40	20,01	21,64	22,16	21,16	24,66	22,63	22,61
(cm)	(0,90)	(0,82)	(0,90)	(0,90)	(0,83)	(0,90)	(0,90)	(0,83)	(0,90)
D₀	3,42	3,27	3,49	4,59	5,02	4,36	5,53	6,46	5,08
(cm)	(0,14)	(0,13)	(0,14)	(0,14)	(0,13)	(0,14)	(0,14)	(0,13)	(0,14)
D_{hic}	2,87	2,82	2,97	3,84	4,28	3,71	4,67	5,71	4,36
(cm)	(0,13)	(0,12)	(0,14)	(0,14)	(0,12)	(0,14)	(0,14)	(0,12)	(0,14)
D₅₀	1,97	1,81	2,03	2,88	2,94	2,66	3,93	4,43	3,28
(cm)	(0,12)	(0,11)	(0,12)	(0,12)	(0,11)	(0,12)	(0,12)	(0,11)	(0,12)
D₁₀₀	-	-	-	1,87	2,28	1,56	2,68	2,89	2,08
(cm)				(0,12)	(0,12)	(0,11)	(0,11)	(0,10)	(0,11)
D_c	86,41	82,34	87,99	98,49	106,75	90,66	106,82	133,21	98,81
(cm)	(2,54)	(2,33)	(2,55)	(2,56)	(2,36)	(2,55)	(2,56)	(2,36)	(2,55)
Np	0,14	0,06	0,15	0,20	0,14	0,29	0,58	0,76	0,42
	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,05)

H= Altura total

H_{ic}= Altura de inicio de la copa viva

D₀= Diámetro de la base del fuste

D_{hic}= Diámetro del fuste a la altura de inicio de la copa viva

D₅₀= Diámetro del fuste a 50 cm de altura

D₁₀₀= Diámetro del fuste a 100 cm de altura

D_c= Diámetro medio de la copa viva

Np= Número de piñas medio por árbol

Nota: D₁₀₀ en 2000 se considera despreciable ya que los individuos que presentaban más de 100 cm de altura total poseían el diámetro a 100 cm en el verticilo del último año (sin crecimiento secundario).

Tabla 2 - Medidas repetidas para los crecimientos anuales del diámetro del fuste a diferentes alturas

Tratamiento	D ₀ (cm)		D _{hic} (cm)		D ₅₀ (cm)		D ₁₀₀ (cm)	
	Año 2001	Año 2002	Año 2001	Año 2002	Año 2001	Año 2002	Año 2001	Año 2002
A(n=3)	1,15a α (0,04)	0,95a β (0,04)	0,93a α (0,04)	0,89a α (0,04)	0,91a α (0,04)	1,14a β (0,04)	1,87a α (0,07)	1,08a β (0,07)
B(n=3)	1,79b α (0,04)	1,49b β (0,04)	1,49b α (0,04)	1,46b α (0,04)	1,21b α (0,04)	1,58b β (0,04)	2,28b α (0,07)	1,33b β (0,06)
T(n=3)	0,85c α (0,04)	0,72c α (0,04)	0,73c α (0,04)	0,65c α (0,04)	0,68c α (0,04)	0,67c α (0,04)	1,56c α (0,07)	0,65c β (0,06)

D₀= Diámetro de la base del fuste

D_{hic}= Diámetro del fuste a la altura de inicio de la copa viva

D₅₀= Diámetro del fuste a 50 cm de altura

D₁₀₀= Diámetro del fuste a 100 cm de altura

Nota: Letras latinas distintas (a,b,c) indican diferencias significativas de crecimientos entre tratamientos el mismo año (*inter-sujetos*) al 95% de nivel de confianza. Letras griegas distintas (α , β) indican diferencias significativas en los crecimientos entre años sucesivos dentro de cada tratamiento (*intra-sujetos*) al 95% de nivel de confianza. Se presentan las medias corregidas con covariante en cada tratamiento y en cada fecha de medición y su error estándar entre paréntesis.

Incremento del número de piñas

Se contabilizó un aumento del número de pies que presentan fructificación, pasando de 51 árboles en el total de las 9 parcelas en el año 2000, repartidos aproximadamente por igual entre los tres tratamientos, a 179 en 2002, de los cuales el 45% pertenecen al tratamiento B y el 32% al tratamiento A, es decir, el 77% de los pinos con fructificación pertenecen a parcelas intervenidas.

Cuando analizamos el incremento medio del número de piñas por pie, en los sucesivos años tras el clareo, las diferencias entre niveles se hace más patente y denota aún más el aumento de fructificación en las parcelas intervenidas, tanto más cuanto más intenso fue el clareo. El incremento de la fructificación se ha dejado notar dos años

después del clareo (período de maduración de las piñas) y es claramente significativo para el caso de los tratamientos A y B en 2002 (Figura 4).

Relaciones Altura-Diámetro de base y Altura-Diámetro de copa

Al resultar estadísticamente, como se ha mostrado en apartados anteriores, que los diámetros de la base y de la copa, así como la altura de los pinos son las variables que ofrecen más diferencias entre tratamientos (*inter-sujetos*) y entre años (*intra-sujetos*) se compararon las relaciones entre ambas variables para conocer si eran también indicadoras del efecto del tratamiento. Se estudió la relación altura-diámetro de base (esbeltez de los pies) y se consideró oportuno estudiar también la relación altura-diámetro de copa, al observar en

campo el aspecto que presentaban los pies en las parcelas de tratamiento B, en comparación con las testigo y tratamiento A.

Partiendo de una esbeltez media de $40,20 \pm 0,50$ cm cm⁻¹ para los tres tratamientos, no existe un cambio sustancial en las parcelas testigo tras los dos años. En cambio, hay una disminución el primer año que se mantiene en 2002 en los pies del tratamiento A, pero que sigue su descenso para los pies del tratamiento B (Figura 5). Por tanto, los pinos se están conformando tanto menos esbeltos, cuanto más intenso es el clareo.

En el caso de la relación altura-diámetro de copa la tendencia es similar al caso anterior, aunque las diferencias entre grupos son más significativas. Así, encontramos el caso más extremo para el tratamiento B en 2002 cuyos pinos son solamente un 27% más altos que anchos. Por el contrario, en 2002 las parcelas testigo poseen pies con una altura 78% mayor que el diámetro de su copa (Figura 5).

Discusión

Los análisis de varianza han demostrado la existencia de diferencias significativas en la mayoría de las variables tras la realización de los clareos. Estos resultados coinciden con los aportados por otros autores para masas de coníferas ya que, en principio, era de esperar una respuesta positiva a la dosificación de la competencia (RODRÍGUEZ *et al.*, 1997; SPINELLI, 2000). Sin embargo, es conocido el decaimiento que se puede producir en masas jóvenes densas sometidas a una operación de esta intensidad, al tener lugar cambios

microclimáticos y fisiológicos, decaimiento que las han hecho susceptibles al ataque de insectos o patógenos (GONZÁLEZ & DE LAS HERAS, 2001). La ausencia de daños o enfermedades en la masa estudiada, en el período de estudio considerado, contrasta con estos resultados. En este caso la respuesta positiva del arbolado a la dosificación de la competencia, unido a un período estival menos severo al de las localizaciones descritas por dichos autores, ha podido evitar el mencionado decaimiento.

La influencia de la intensidad de clareo en los crecimientos en altura no se ha dejado notar hasta el segundo año, donde el tratamiento B origina crecimientos significativamente mayores que en los pies testigo y que en los mismos pies el año anterior. La respuesta al tratamiento A no ha mostrado diferencias significativas *intra-sujetos* aunque la tendencia ha sido similar al tratamiento B. Este menor crecimiento en las parcelas intervenidas durante el primer año podría deberse al estrés producido por la operación selvícola o incluso a una pequeña pérdida de dominancia apical, aunque este hecho no es claro debido a que las diferencias entre crecimientos son pequeñas (4 cm), disipándose este efecto en el segundo año. No obstante, los crecimientos de las variables diamétricas en las parcelas intervenidas, significativamente mayores que en las parcelas testigo desde el primer año, dan lugar a pies menos esbeltos cuanto más intenso fue el clareo. Estos resultados coinciden con experiencias en regenerado post-incendio de *Pinus halepensis* (SÁEZ *et al.* 2000; GONZÁLEZ *et al.* 2001).

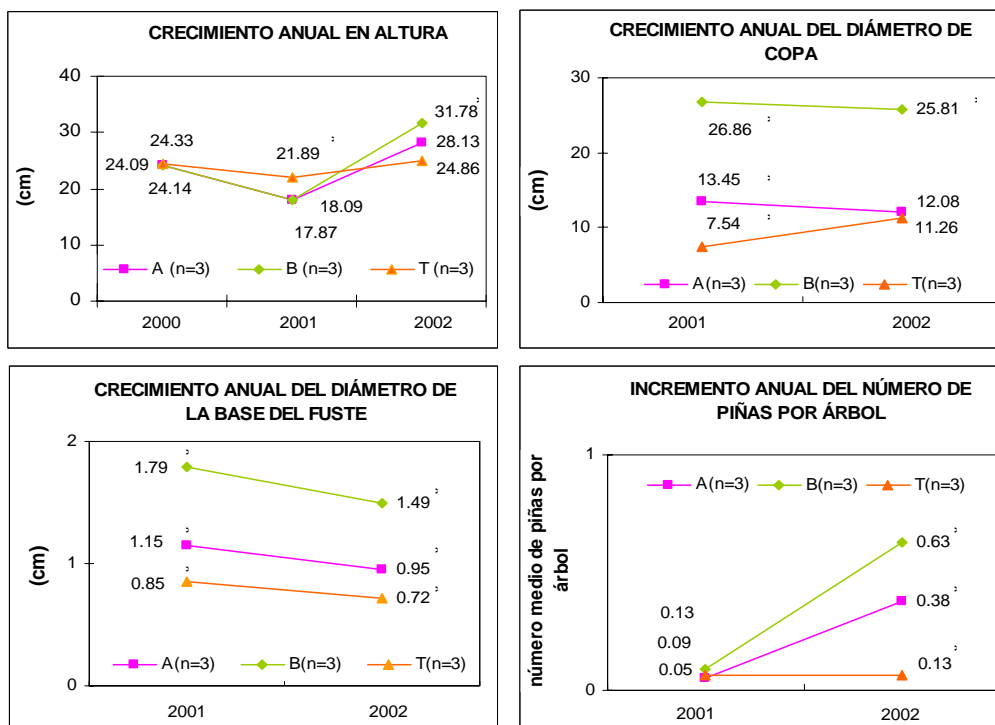


Figura 4 - ANOVA de medidas repetidas corregidas con covariante para los crecimientos de las variables más importantes que han ofrecido diferencias significativas entre tratamientos al 95 % de significación (*= $p < 0.05$). La línea de tendencia indica las diferencias de crecimiento de la variable entre años para el mismo tratamiento

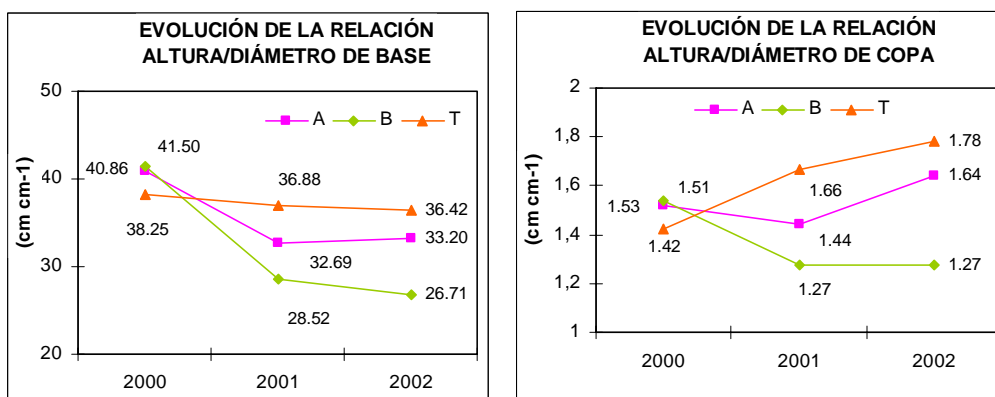


Figura 5 - Relaciones *Altura total-Diámetro de base* y *Altura total-Diámetro de copa* para las tres mediciones efectuadas, antes (2000) y después del clareo (2001, 2002). Los pinos de las parcelas intervenidas se están conformando tanto menos esbeltos y con mayor diámetro de copa en relación con su altura, cuanto más intenso fue el clareo

Uno de los objetivos de realizar intervenciones tempranas en masas de *P. pinaster* sometidas a riesgo de incendios es estimular su carácter genético de floración precoz (ALÍA *et al.*, 1996). Para ello se hace fundamental la apertura de la copa y la puesta en luz de yemas laterales que aumenten la floración y por tanto la probabilidad de fructificación (MOLINA *et al.*, 1997; TAPIAS *et al.*, 1997a). Este efecto se ha conseguido más claramente con el tratamiento B, más intenso que el A. El aumento significativo durante el segundo año del número de piñas por pie demuestra que el aumento del diámetro de la copa ha favorecido la fructificación, tanto más cuanto más intenso fue el clareo. Todo ello avala las recomendaciones que ofrecen distintos autores para la ejecución de clareos tempranos en masas de *Pinus pinaster* con especial peligro y riesgo de incendios (TAPIAS *et al.*, 1997b; TAPIAS *et al.*, 1998; SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, 1999)

El efecto en la poda natural, medido como altura de inicio de la copa, ha sido muy pequeño en todos los casos con lo que esta variable no ha resultado indicadora del efecto de la intensidad de clareo, al menos a corto plazo.

Conclusiones y recomendaciones prácticas

Son necesarios más estudios sobre cómo afectan este tipo de intervenciones selvícolas a las masas de *P. pinaster*, en función de otros factores como la extracción o trituración de restos *in situ*, la exposición, la pendiente, la edad, el estado de la masa y la densidad inicial, así como la medición de otras variables como el estado fisiológico de las distintas

partes del árbol, y los posibles cambios físico-químicos del suelo en función de los factores comentados. De igual forma es necesario el seguimiento de estas masas para conocer posibles efectos a medio y largo plazo. No obstante y a la vista de los resultados a corto plazo podemos concluir lo siguiente:

- La respuesta a corto plazo del regenerado post-incendio a clareos mecanizados intensos ha sido positiva, mejorando el estado de los pies y disminuyendo la continuidad horizontal, tanto más, cuanto más intensa fue la intervención.

- Se ha producido una disminución de la esbeltez, tanto más cuanto más intenso fue el clareo. La mayor exposición al viento que se produce en la masa tratada se ve compensada, por tanto, por la disminución de la esbeltez respecto a la masa testigo, con lo que la susceptibilidad a vientos y nieves tenderá a disminuir a medio plazo si esta tendencia se mantiene.

- El aumento del diámetro de copa en relación con su altura ha generado pies con copas muy abiertas, favoreciendo de esta manera la fructificación.

- El exceso de maduración de piñas en el fuste podría provocar la pérdida de dominancia apical y retorcimiento de tronco tal y como han constatado SÁEZ *et al.*, (2000) en masas de *Pinus halepensis*. Si esto se cumpliera a medio plazo para *P. pinaster*, el clareo menos intenso ofrecería un menor riesgo de que se produjera este proceso, debido a la competencia en altura intra e interespecífica en la faja y la menor fructificación que en el tratamiento más intenso. A su vez, esto coincidiría con la opinión de TAPIAS *et al.* (1997b) que recomiendan para masas de

P. pinaster menores de 10 años claros tempranos hasta densidades máximas de 3000 pies ha⁻¹.

- En condiciones de clima mediterráneo, parece razonable, en general, realizar este tipo de intervenciones en otoño-invierno para que los pinos puedan superar con éxito las condiciones hídricas estivales, que además afrontarán con mayor disponibilidad de agua. Una brusca puesta en luz de las copas en primavera podría someter a la masa a un estrés hídrico que la haría susceptible el primer verano a daños o enfermedades. En el caso que nos ocupa, la respuesta positiva del arbolado se ha dejado notar desde los primeros meses, lo que hace pensar que la época de ejecución mencionada es la correcta.

- Desde el punto de vista de la gestión de masas de *P. pinaster* procedentes de regeneración tras incendio, debemos resaltar que el coste del claro más intenso es hasta un 100 % mayor que el claro de menor intensidad, exclusivamente mecanizado (según cuadros de precios en VALLADARES, 2000). El aumento del coste repercute, como hemos comentado, al menos a corto plazo, en un mejor estado de los pies, un aumento de la fructificación y una disminución de la continuidad horizontal, dejando además la masa en densidades bajas, próximas a las definitivas.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado por el proyecto sectorial I+D nº SC99-0018-C2.2 del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Agradecemos a los técnicos y agentes forestales de la Comunidad de Castilla-La Mancha en la provincia de

Guadalajara la ayuda prestada, que ha facilitado la buena marcha de los trabajos efectuados en la zona de estudio.

Bibliografía

- ALÍA R., MARTÍN S., DE MIGUEL J., GALERA R., AGÚNDEZ D., GORDO J., SALVADOR L., CATALÁN G., GIL A., 1996. *Regiones de procedencia de Pinus pinaster* Aiton. Servicio Material Genético. Dirección General de Conservación de la Naturaleza: Madrid, 75 pp + planos.
- ALLUÉ ANDRADE JL., 1990. *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. INIA. Ministerio de Agricultura: Madrid, 221 pp. + planos.
- ANÓNIMO, 2002. *Los incendios forestales en España. Decenio 1991-2000*. DGCN. MMA. Inédito.
- AVOLIO S., BERNARDINI V., 2000. *Annali dell Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, 1997 **28** : 9-37
- BISQUERRA ALZINA R., 1989. *Introducción conceptual al análisis multivariante. Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD*. Vol. 1. Promociones y Publicaciones Universitarias (PPU). Colección Letras, Ciencias, Técnica. Barcelona, 397 pp.
- GONZÁLEZ-OCHOA A.I., DE LAS HERAS IBÁÑEZ J., 2001. Ataque de *Pachyrhinus squamosus* sobre regenerado joven post-incendio de pino carrasco sometido a tratamientos selvícolas en Yeste (Albacete). *Montes* **65** : 31-37.
- GONZÁLEZ-OCHOA A.I., DE LAS HERAS IBÁÑEZ J., LÓPEZ F., 2001. Efectos del claro, poda y desbroce en regenerado post-incendio de *Pinus halepensis* Mill. en estaciones de ombroclima semiárido y seco. Resultados preliminares. In Actas del III Congreso Forestal Español, Granada 25-58 de septiembre de 2001, Tomo III, Granada, pp. 647-653.
- LAPESA F., 2000. Claro mecanizado en un regenerado natural de *Pinus halepensis* en el monte de utilidad pública nº1 "Rodanas" en Épila, Zaragoza. *Foresta* **10** : 107-118.

- 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* Aiton de la Sierra de Teleno (León, Noroeste de España). *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 6 : 53-65.
- RODRÍGUEZ R., ÁLVAREZ J.G., CELA M., MANSILLA P., VEGA P., GONZÁLEZ M., RUÍZ P., VEGA G., CASTILLÓN P., ÁLVAREZ P., RIGUEIRO A., 1997. *Manual de selvicultura de Pinus pinaster*. Proxecto Columella. Escola Politécnica: Lugo.
- SÁEZ J.J., OROZCO E., LÓPEZ JA., MARTÍNEZ J.J., DEL POZO E., 2000. Diferencias epidemétricas y fisiológicas en una masa de repoblación de *Pinus halepensis* Mill. al ser sometidos a tres tratamientos distintos de poda. In Actas de la reunión sobre selvicultura del pino carrasco, Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, N° 10-2000, Albacete, pp. 127-132.
- SÁNCHEZ FERNÁNDEZ P., 1999. Selvicultura y ordenación de pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.) en la Sierra de Teleno (León). *Montes* 56 : 69-76.
- SÁNCHEZ PALOMARES O. & SÁNCHEZ SERRANO F., 2000. *Mapa de productividad potencial forestal de España. Cartografía digital*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Cartográfica: Madrid, 317 pp.+ planos.
- SPINELLI R., 2000. Prove di sfollo nella pineta litoreana: cippatura delle piante complete di radice. *Monti e Boschi* 51(2) : 29-34.
- TAPIAS R., BERTOMEU M., GIL L., PARDOS J.A., 1997a. El papel evolutivo del fuego como factor de selección natural en masas de pinos mediterráneos. Estudio de los conos serótimos y la floración precoz. In Actas del II Congreso Forestal Español, Tomo V, Irati., pp. 455-459.
- TAPIAS R., GIL L., PARDOS J.A., 1997b. Influencia de tratamientos selvícolas y la calidad de la estación en la floración a edades tempranas de regenerados de incendio de *Pinus pinaster* Ait. de la Sierra del Teleno (León). In Actas del II Congreso Forestal Español, Tomo V, Irati, pp. 461-466.
- TAPIAS R., GIL L., PARDOS J.A., 1998. Los pinares (*Pinus pinaster* Ait.) de las estribaciones de Sierra de Teleno (León). La influencia del incendio en su ordenación. *Montes* 52 : 115-120.
- VALLADARES A. (Dir.), 2000. *Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal*. Asociación y Colegio de Ingenieros de Montes: Madrid, 260 pp.
- VEGA J.A., HERNANDO C., PÉREZ-GOROSTIAGA P., GUIJARRO M., FONTURBEL T., MARTINEZ E., CUIÑAS P., ALONSO M., MADRIGAL J., BELOSO M.C., 2002. Post-fire regeneration in a *Pinus pinaster* Ait. forest: effects of very early heavy thinning of seedlings and brush clearing. In Forest Fire Research and Wildland Fire Safety (Viegas ed.). 2002 Millpress, Rotterdam.

Entregue para publicação em Abril de 2003

Aceite para publicação em Novembro de 2003