

Los clareos en áreas cortafuegos: una herramienta para incrementar la biodiversidad

Jabier Ruiz-Mirazo, Juan Andrés Cardoso, Elsa Varela, María Eugenia Ramos, Ana Belén Robles, José Luis González-Rebollar¹

Resumen

En la actualidad, es frecuente la creación de áreas cortafuegos arboladas como estructura de prevención de incendios forestales, sustituyendo a las fajas cortafuegos totalmente desprovistas de vegetación. Estas áreas cortafuegos arboladas suelen crearse en bandas auxiliares a vías de comunicación mediante el desbroce del matorral y la poda del arbolado. Cuando la espesura del estrato arbóreo es elevada y salvo que se pretenda obtener el máximo sombreado del sotobosque, también puede realizarse un clareo, que tendría por objetivo la disminución de la carga de combustibles y la ruptura de la continuidad horizontal del arbolado. Estos clareos originan un entorno diferente con respecto a la formación arbórea de la que proceden, incrementando la diversidad estructural del conjunto. La diversidad estructural es un buen parámetro indicador de la biodiversidad del sistema y puede manejarse de forma controlada mediante las intervenciones selvícolas. El diseño adecuado de una actuación de apertura de estructuras de prevención de incendios permite que, además de cumplir con su función principal, se fomente la biodiversidad en el área cortafuegos, maximizando así su utilidad.

En una densa repoblación de *Pinus halepensis* Miller de diez años de edad se ha creado un área cortafuegos empleando distintos procedimientos de clareo. Se han ensayado tres densidades objetivo distintas (250, 400 y 800 pies/ha) y dos tipos de clareo (regular y aleatorio), contrastándolos con situaciones control. El objetivo de este trabajo es comparar, mediante el cálculo de distintos índices, el efecto de cada uno de los tratamientos sobre la diversidad estructural. Los resultados obtenidos indican la conveniencia de planificar una intervención que cree zonas de bordes sinuosos y que se empleen distintas densidades de arbolado. Además, los clareos aleatorios se han mostrado más efectivos en la diversificación estructural de la masa, especialmente cuanto menor fuera la densidad objetivo. Sin embargo, todas las intervenciones ensayadas reducen la diversidad de tamaños que presenta el arbolado, al menos a corto plazo.

Introducción

Los incendios forestales constituyen uno de los problemas que mayor atención reciben en el ámbito de la gestión y conservación de los montes españoles. Las tareas de detección, control y extinción han tenido una progresión espectacular en los últimos veinte años y, a excepción de algunos años particularmente críticos, se ha ido obteniendo una mejora de los resultados en las sucesivas campañas, tal y como revelan las estadísticas que elabora el Ministerio de Medio Ambiente. La

¹ Investigadores. Grupo de Pastos y Sistemas Silvopastorales Mediterráneos. Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC) CIFA-IFAPA, Camino de Purchil s/n, E-18080 Granada. España. Correo-e de contacto: jabier.ruiz@eez.csic.es

profesionalización de los medios humanos y la mejora de los medios técnicos, fruto del progresivo incremento presupuestario, han sido la base de este éxito, que coloca a España entre los países del mundo más desarrollados en el sector.

Sin embargo, el incremento de gasto en los últimos años no se está traduciendo en una mejoría proporcional de los resultados. En la actualidad, la ampliación de las dotaciones para la detección, control y extinción de los incendios forestales no está permitiendo superar un aparente techo en los resultados. Para proseguir la disminución de la superficie forestal afectada se está apostando por la selvicultura preventiva como una herramienta auxiliar que disminuye los riesgos. No se trataría tanto de sacrificar parte de los medios de extinción como de potenciar programas preventivos complementarios.

Al margen de las habituales fajas cortafuegos, en las cuales se elimina toda la vegetación presente, la estructura de prevención de incendios que con mayor y creciente frecuencia se está empleando es el área cortafuegos arbolada. Las áreas cortafuegos son superficies relativamente anchas en la que la vegetación natural se modifica para conseguir otra vegetación de menor biomasa o menos inflamable (Vélez 2000). Por motivos principalmente económicos (falta de recursos para actuar en superficies más amplias) y ecológicos (respeto de la estructura del bosque que se pretende proteger), suelen ser actuaciones localizadas, en forma de bandas, ubicadas en lugares accesibles en los que resulta más sencillo dificultar la propagación del fuego.

Las intervenciones más apropiadas para la creación de un área cortafuegos son la poda del arbolado, que tiene como fin la ruptura de la continuidad vertical del combustible, y el desbroce del estrato arbustivo. Salvo que se pretenda minimizar el desarrollo del sotobosque mediante sombreo, es procedente también la realización de un clareo del arbolado, que perseguiría la disminución de la carga de combustibles global así como la ruptura de su continuidad horizontal. Todo este conjunto de actuaciones originan un entorno más adecuado para controlar un incendio que llegara hasta él. Al mismo tiempo, este área cortafuegos supone una alteración ecológica y paisajística notable con respecto al bosque del que procede.

En efecto, muchas de las repoblaciones de pinares carecen de las intervenciones selvícolas propuestas por la ciencia forestal para un mejor desarrollo del bosque (Madrigal 1998) y es frecuente que la creación de áreas cortafuegos sea la única intervención que reciba una masa forestal. Así pues, resulta de gran importancia para los ecosistemas forestales que estas actuaciones se realicen, no sólo con los mejores criterios de prevención de incendios, sino con la mirada puesta en sus efectos sobre valores que la sociedad demanda cada vez en mayor grado, como son el paisaje, la biodiversidad, el uso recreativo, etc. La toma en consideración de estos elementos redundará en una mejor utilización de los escasos recursos destinados a las intervenciones forestales.

Algunos autores (Kint y otros 2000, Abellanas 2003) apuntan a que la diversidad estructural es un buen indicador de la biodiversidad que alberga un ecosistema determinado. Así, un bosque que presente un arbolado de similar tamaño y edad, un número reducido de especies, o una distribución espacial regular, previsiblemente ofrece un menor número de nichos ecológicos que un bosque con una estructura más diversa.

En el marco del proyecto de investigación “Las áreas pasto-cortafuegos como experiencia de selvicultura preventiva en espacios forestales y agroforestales de

Andalucía”, que desarrolla el Consejo Superior de Investigaciones Científicas con financiación de la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, se han ensayado diversos clareos aplicados sobre un joven pinar procedente de repoblación. Esta comunicación tiene por objeto presentar las técnicas empleadas en dichos clareos y sus efectos sobre algunas variables de diversidad estructural.

Material y métodos

Entorno físico

El pinar objeto de estudio se encuentra en la finca Cortijo Conejo y Albarrán, propiedad de la Junta de Andalucía, que está situada en los altiplanos de Guadix-Baza, en la provincia de Granada. En este territorio de orografía llana y altitud aproximada de 1100 m, las condiciones climáticas son extremas. Su aislamiento del mar y el estar confinada entre grandes montañas provoca una continentalidad acusada y una intensa sombra de lluvias en la zona, arrojando una media anual de precipitaciones de 301 mm.

En esta finca de histórico uso agrícola se realizó una repoblación forestal en los años 1994-1995, empleando como especie principal *Pinus halepensis* Miller. La densidad de plantación fue superior a los 1500 pies/ha, superándose en algunos rodales los 2000 pies/ha. En el año 2004 se procedió a eliminar los pies múltiples, dejando un único árbol por postura, que, a su vez, fue podado hasta el tercer verticilo.

El pinar está atravesado por una faja cortafuegos de unos 30 m de anchura y dirección SO-NE. Empleando como eje esta faja cortafuegos, se ha creado a su alrededor un área cortafuegos amplia mediante diversos tipos de clareo.

Delimitación de bandas, marcaje y apeo de árboles

La superficie de la experiencia, que ocupa 38 ha, se ajusta a un diseño ameboide irregular, que evita los trazos rectilíneos y pretende desdibujar sus bordes (*fig. 1*). El área cortafuegos se subdivide en cuatro bandas de distinta densidad arbórea: faja cortafuegos desarbolada, 250, 400 y 800 pies/ha.

La densidad crece a medida que nos alejamos del centro del área cortafuegos, de tal forma que se consigue una transición gradual y progresiva entre la zona central que ocupa la faja cortafuegos y la masa forestal del entorno, lo que reduce su impacto paisajístico. La forma que adoptan las bandas ha sido diseñada en gabinete mediante un GIS, empleando ortofotografías aéreas georreferenciadas. Los vértices de los polígonos han sido replanteados en campo con el apoyo de un GPS. El perímetro de cada banda ha quedado delimitado mediante una cinta plástica de obra, para proceder, posteriormente, al marcaje de los árboles que debían ser apeados para obtener cada una de las densidades deseadas.

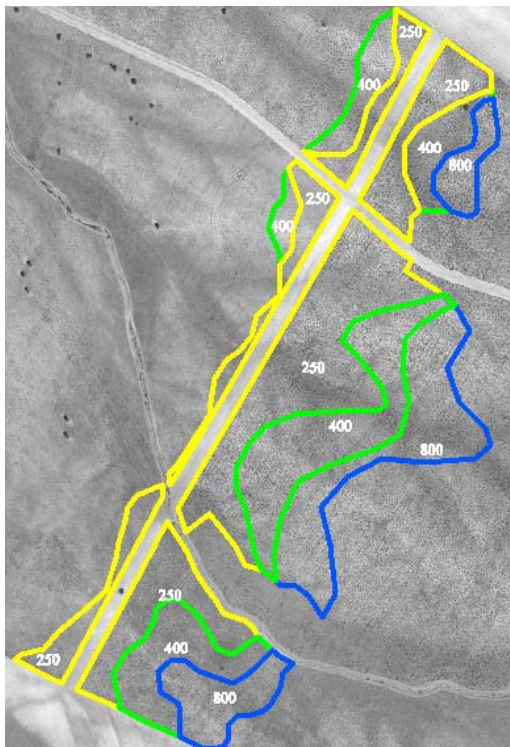


Figura 1—Diseño del área cortafuegos

Para marcar los pinos se han diseñado y empleado dos procedimientos diferentes: uno de ellos buscando dejar un sector con distribución regular del arbolado y, el otro, procurando obtener una distribución aleatoria.

En el primero de los casos, se midió la distancia entre las filas de plantación y, en función de la densidad final a obtener, se calculó la distancia que debían guardar los árboles de una misma fila para aproximarse a una distribución al tresbolillo, contemplando la eliminación de una línea completa de árboles para las densidades bajas. Aunque resultara muy difícil, particularmente en zonas con muchas marras, se procuró trasladar al campo esta disposición teórica del arbolado con la mayor fidelidad posible. Este sector ocupa unas 10 ha del área cortafuegos.

Para el resto de la superficie (29 ha) se ha buscado una distribución aleatoria del arbolado, por lo que el procedimiento de selección de los árboles a cortar debía ser al azar. Para ello, se elaboraron secuencias binarias en las que los *cero* significaban “marcar” (y por tanto cortar) y los *uno*, “no marcar”. A partir de la densidad inicial de posturas de plantación, fácilmente reconocibles en campo, se calculó la proporción de *unos* y *ceros* que debían utilizarse en la secuencia en función de las densidades finales a obtener. Estas secuencias se imprimieron y llevaron a campo, para que la persona que iba recorriendo las filas de plantación las utilizara como patrón al seleccionar los árboles a cortar.

Una vez marcados los árboles de ambos sectores, una brigada del INFOCA procedió a cortarlos, para posteriormente extraer la leña más gruesa y triturar los restos con una desbrozadora de cadenas.

Parcelas de seguimiento y mediciones efectuadas

El clareo realizado ha sido de dos tipos (regular y aleatorio) y tres intensidades (250, 400 y 800 pies/ha), que junto al control (repoblación no clareada) resultan en siete tratamientos diferentes. En cada uno de ellos se han establecido tres parcelas de seguimiento.

El centro de las parcelas fue escogido sobre una ortofotografía georreferenciada mediante un procedimiento de azar, tratando de evitar las zonas que, debido a las marras, presentaban una muy baja densidad de arbolado, dado que sobre ellas los clareos tendrían muy poco efecto, y procurando que las parcelas de cada tratamiento recogieran la diversidad de la zona de una manera similar.

Cada parcela está formada por los 25 árboles más próximos a su centro, tomando una forma circular. Se han medido la distancia (en cm) desde el centro a cada uno de los árboles, su diámetro normal (a 1,30 m del suelo, en mm, dos cruzados), la distancia a sus tres vecinos más próximos así como los diámetros normales de éstos. Las mediciones han conllevado la consideración de una zona buffer, más allá de los 25 árboles y de tal forma que se medían los tres vecinos más próximos de todos los árboles, independientemente de que estuvieran dentro o fuera de la parcela.

Índices de estructura del arbolado

Los índices de estructura del arbolado se agrupan en categorías, según sirvan para describir la distribución espacial de los árboles, la mezcla o diversidad de especies presentes o el grado de diferenciación entre los árboles. Asimismo, existen algunos índices de diversidad estructural conjunta (Río y otros 2003).

En este estudio, y dado que se trata de una repoblación monoespecífica, únicamente se han calculado índices de distribución espacial y de diferenciación entre árboles.

Entre los primeros, se ha calculado la densidad de arbolado de cada parcela a partir de la superficie que ocupaban los 25 árboles, considerando ésta como la media de las superficies de los círculos que tienen por radio la distancia en que se encuentran los 25º y 26º árboles. A partir de los resultados obtenidos se ha calculado el porcentaje de desviación registrado con respecto a las densidades objetivo, así como la desviación típica y el coeficiente de variación de las mediciones.

Para cuantificar la distribución espacial de los árboles, Condés y Martínez-Millán (1998) indican que el índice de Byth-Ripley es el que mejor discrimina entre distintos tipos de distribución, seguido del índice de Clark y Evans (CE). Por facilidad de cálculo, se ha empleado el segundo de ellos (Clark y Evans 1954), que expresa la relación entre la distancia (d) media al vecino más próximo observada y la distancia media esperada si la distribución fuera aleatoria, que se calcula a partir de la densidad del rodal (λ):

$$CE = \frac{\bar{d}_{observada}}{\bar{d}_{esperada}} = \frac{\bar{d}_{observada}}{1/(2\sqrt{\lambda})}$$

Si el valor del índice CE es inferior a 1, refleja una distribución con tendencia a agregados, si es igual o aproximado a 1, una distribución aleatoria o de Poisson, y si

es mayor de 1, una distribución con tendencia a la regularidad, hasta un valor máximo de 2,1491, que se correspondería con una distribución hexagonal del arbolado. Mediante el test T_R se determina si la distribución espacial sigue una distribución de Poisson (aleatoria) o no:

$$T_R = \frac{\bar{d}_{observada} - \bar{d}_{esperada}}{\sigma_{observada}} \quad \sigma_{observada} = \frac{0,26136}{\sqrt{(N^2/S)}}$$

donde $\sigma_{observada}$ es la varianza observada, N el número de árboles de la parcela y S la superficie de la misma. Si T_R es mayor que 1,96, 2,58 ó 3,3, el rodal presenta una distribución diferente de la de Poisson con un nivel de significación de 5, 1 y 0,1 por ciento respectivamente. Dado que en las mediciones se ha tomado una zona buffer alrededor de los 25 árboles de cada parcela, resulta innecesario aplicar las modificaciones propuestas por Donnelly (1978, en Río y otros 2003) para la corrección del efecto borde.

Para observar el grado de diferenciación, en diámetro, que presenta el arbolado, se ha calculado el coeficiente de variación de esta variable, que corrige la desviación típica de una serie de datos por su media, lo que permite comparar muestras que tienen un diferente promedio. A mayores valores del coeficiente de variación, más diversos son los diámetros presentes en la zona.

Además, se ha empleado el índice de diferenciación de Gadow (Gadow 1993), de utilización frecuente, que está basado en una variable dendrométrica y en la posición relativa de los árboles del rodal. En este caso, se ha comparado el diámetro de cada árbol de una parcela con el de sus tres árboles más próximos. Como puede observarse en la expresión, este índice puede variar entre 0 y 1, siendo tanto mayor la diferenciación entre árboles cuanto más se aproxima su valor a 1. Haciendo el promedio para todos los árboles se obtiene el valor global del índice:

$$TD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} TD_i \quad TD_i = \frac{1}{3} \sum_1^3 \left(1 - \frac{d_{\min}}{d_{\max}} \right)$$

donde TD es el índice de diferenciación de la masa, TD_i es el índice de diferenciación en diámetro del árbol i calculado con tres vecinos, N es el número de árboles medidos, d_{\min} y d_{\max} son los diámetros menor y mayor entre i y cada uno de sus tres vecinos.

Asimismo, se presentan dos gráficos donde se dibujan las curvas de Lorenz elaboradas a partir de la relación entre el porcentaje de pies de un tamaño inferior a un diámetro determinado y el porcentaje de área basimétrica que aportan esos pies sobre el total (Aguirre y otros 1998). Estas curvas permiten comparar de forma visual los distintos tratamientos y su grado de proximidad a la bisectriz, que representa el máximo de homogeneidad posible.

Resultados y discusión

El procedimiento seguido para el diseño y delimitación de las bandas ha resultado sencillo y fácilmente aplicable en campo. El objetivo de desdibujar los límites entre las distintas densidades y la repoblación no clareada ha sido plenamente conseguido, resultando difícil detectar estas transiciones en el campo. En cambio, la

faja cortafuegos central sigue constituyendo un elemento lineal muy contrastado con su entorno, lo que provoca un fuerte impacto visual (fig. 2).



Figura 2—Aspecto general del área cortafuegos creada

Por otra parte, los procedimientos seguidos para el marcaje de los árboles han requerido demasiado trabajo de campo. Esta dedicación sólo puede estar justificada por el grado de precisión que se pretendía alcanzar para un lugar que, de hecho, constituye una zona de ensayos científicos, pero es un elemento a mejorar y simplificar para poder ser aplicado de forma generalizada.

Distribución espacial

A pesar del cuidado con el que se realizó el marcaje de los árboles, las densidades finales obtenidas en cada banda distan sensiblemente del objetivo (*tabla 1*). En términos generales, se puede afirmar que el método seguido para obtener una distribución regular ha provocado una menor densidad de arbolado que la deseada. Este hecho se debe a las grandes zonas de marras, no previstas al diseñar la técnica de marcaje, que provocan huecos en la distribución homogénea al tresbolillo que se pretendía obtener.

La técnica de números al azar tiende a dejar un mayor número de árboles que los deseados. Dado que este procedimiento de números al azar no se ve afectado por el número de marras pero sí depende de la densidad de posturas de plantación, únicamente podemos concluir que este valor, calculado a priori, fue infraestimado.

Tabla 1—Densidad del arbolado: caracterización del resultado por tratamiento

Tratamiento	Densidad media (pies/ha)	Desviación del objetivo	Desviación típica (pies/ha)	Coefficiente de variación
Azar 250	243	- 3 pct	34,4	14 pct
Azar 400	502	+ 25 pct	98,9	20 pct
Azar 800	851	+ 6 pct	76,3	9 pct
Regular 250	248	- 1 pct	10,3	4 pct
Regular 400	308	- 23 pct	26,2	8 pct
Regular 800	553	- 31 pct	61,2	11 pct
Control	1278	x	114,7	9 pct

Los valores del coeficiente de variación de la densidad media obtenidos en los distintos tratamientos se ordenan de la siguiente manera:

Azar 400 > Azar 250 > Reg 800 > Control > Azar 800 > Reg 400 > Reg 250

Empleando este coeficiente, que corrige la desviación típica por el valor medio del tratamiento, se observa que la máxima diversidad de densidades se obtiene con los tratamientos al azar de baja densidad, mientras que los valores mínimos se alcanzan en las parcelas de tratamientos regulares, especialmente en el de menor densidad.

Al comparar las desviaciones típicas medias, tenemos que el correspondiente a los tratamientos al azar alcanza el valor de 69,9 frente al 32,5 de los regulares, confirmando la afirmación anterior. Este resultado puede considerarse previsible, dado que los tratamientos al azar crean, por su propia naturaleza, más irregularidades en la masa, al dejar zonas con árboles agrupados y otras con grandes claros.

El cálculo del índice de Clark y Evans para las distintas parcelas y la aplicación del test T_r arrojaron los siguientes resultados (*tabla 2*).

Tabla 2—Índice de Clark y Evans y test T_r , según parcelas y tratamientos

Tratamiento	Parcela 1		Parcela 2		Parcela 3		Promedio	
	CE	T_r	CE	T_r	CE	T_r	CE	T_r
Azar 250	1,025	0,236	1,145	1,387	0,940	-0,574	1,037	0,813
Azar 400	1,383	3,666	1,225	2,153	1,348	3,325	1,319	3,048
Azar 800	1,395	3,774	1,358	3,424	1,296	2,828	1,350	3,342
Regular 250	1,507	4,846	1,323	3,092	1,593	5,674	1,474	4,537
Regular 400	1,490	4,683	1,582	5,567	1,650	6,222	1,574	5,491
Regular 800	1,388	3,709	1,456	4,363	1,463	4,424	1,436	4,165
Control	1,497	4,753	1,548	5,245	1,356	3,403	1,467	4,467

Según lo observado en esta tabla, la mayor parte de las parcelas tienden a la regularidad, ya que su valor del índice CE es superior a la unidad. Se puede afirmar, a través del test T_r , que todas las parcelas Control, Regular 800, Regular 400, Regular 250 y Azar 400 presentan una distribución diferente de la de Poisson (aleatoria) con un nivel de significación inferior al 0,001. Lo mismo sucede con dos de las parcelas del tipo Azar 800, mientras que en la tercera, la significación no alcanza ese nivel, aunque sí está por debajo de 0,01.

Es únicamente en las parcelas Azar 250 donde el índice de Clark y Evans se mantiene en el entorno de 1 (los valores de T_r tampoco indican una desviación con respecto a la distribución aleatoria), lo que indicaría que esa banda es la única de las clareadas al azar en la que se ha conseguido romper la uniformidad inicial de la repoblación, reconvirtiéndola en una distribución de arbolado próxima al azar.

Los tratamientos en los que se ha pretendido mantener una distribución regular del arbolado han incrementado la regularidad de una manera muy ligera con respecto al control, a pesar de la selección que se realizó para procurar que los pies quedaran equidistantes. Todos ellos muestran una clara regularidad, pero alejada del valor del índice correspondiente a la disposición hexagonal de los mismos (2,149).

Diferenciación en diámetros

Analizando todo el conjunto de diámetros del arbolado sujeto a un mismo tratamiento, sin diferenciar cada parcela, y a pesar del gran número de árboles medidos, los datos no se ajustan a una distribución normal, lo que ha obligado a emplear tests no paramétricos para contrastar los distintos tratamientos. El análisis estadístico indica la inexistencia de diferencias significativas entre cinco de los tratamientos ($H=4,79$; $P=0,309$). El tratamiento control, que presenta un valor medio notablemente inferior ($H=30,36$; $P<0,001$), y el tratamiento de Azar 250, cuyo arbolado es sensiblemente más grueso ($H=64,16$; $P<0,001$), son desviaciones con respecto a este grupo (tabla 3).

De esta información podemos inferir que cualquiera de los clareos ensayados ha provocado un incremento del diámetro medio del arbolado. Este hecho se debe a que las personas que han realizado el marcaje han superpuesto su propio criterio al patrón de aleatoriedad o regularidad establecido, favoreciendo así a los árboles más gruesos frente a los que mostraban un peor desarrollo. En particular, el tratamiento Azar 250, donde se eliminan un mayor número de árboles sin control sobre la posición espacial que deben tener, es donde se ha ejercido una mayor selección, habiéndose creado una zona con arbolado un 50 por ciento más grueso que en el control. El bajo diámetro medio y el más amplio rango que presenta la zona control indican que ésta conserva los árboles más pequeños que han sido seleccionados negativamente en el resto de los casos.

Tabla 3—Diámetro normal: caracterización del resultado obtenido por tratamientos

Tratamiento	Diámetro normal medio (mm)	Coefficiente de variación	Rango máximo (mm)	Área basimétrica media (m ² /ha)
Azar 250	76 *	23 pct	91	1,22
Azar 400	62	27 pct	91	1,72
Azar 800	63	30 pct	92	2,95
Regular 250	60	28 pct	93	0,68
Regular 400	60	32 pct	93	0,95
Regular 800	63	26 pct	68	1,95
Control	51 *	42 pct	111	3,02

* Indica diferencias significativas con respecto al resto de tratamientos

Observando los coeficientes de variación y el rango máximo que alcanzan los valores del diámetro en cada uno de los tratamientos, se observa que todos se mantienen relativamente agrupados salvo el Control, que es el que arroja un mayor CV y rango, teniendo, por tanto, una mayor diversidad de diámetros que cualquiera de los clareos ensayados.

El área basimétrica, que promedia los valores obtenidos en las parcelas de un mismo tratamiento, nos indica que hay ocasiones, tal y como sucede en el tratamiento Azar 800, en los que la reducción de número de pies se ha hecho principalmente a costa de los árboles más pequeños, que tienen una sección muy pequeña, lo que provoca que sus valores de área basimétrica sean muy próximos al Control.

Por otro lado, se ha aplicado el índice de diferenciación de Gadow a cada una de las parcelas, calculándose posteriormente su valor promedio (tabla 4).

Tabla 4—Índice de diferenciación de Gadow, por parcelas y tratamientos

Tratamiento	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Valor medio del índice
Azar 250	0,283	0,225	0,168	0,225 *
Azar 400	0,339	0,278	0,147	0,255 *
Azar 800	0,284	0,254	0,268	0,269
Reg 250	0,286	0,273	0,316	0,292
Reg 400	0,252	0,299	0,278	0,276
Reg 800	0,200	0,235	0,302	0,246 *
Control	0,398	0,299	0,263	0,320

* Indica diferencias significativas con respecto al Control

El análisis estadístico de todo el conjunto de árboles de un mismo tratamiento indica que únicamente los tratamientos Regular 800, Azar 400 y Azar 250 presentan diferencias significativas con respecto al control ($H=30,01$; $P<0,001$), que en todo caso es el que arroja mayores valores del índice, siendo, por tanto, la banda en la que mayor diferenciación existe entre los árboles.

Las curvas de Lorenz se representan gráficamente, dibujando en un eje la variable porcentaje de pies y, en el otro, el porcentaje de área basimétrica que éstos aportan al conjunto (*fig. 3*).

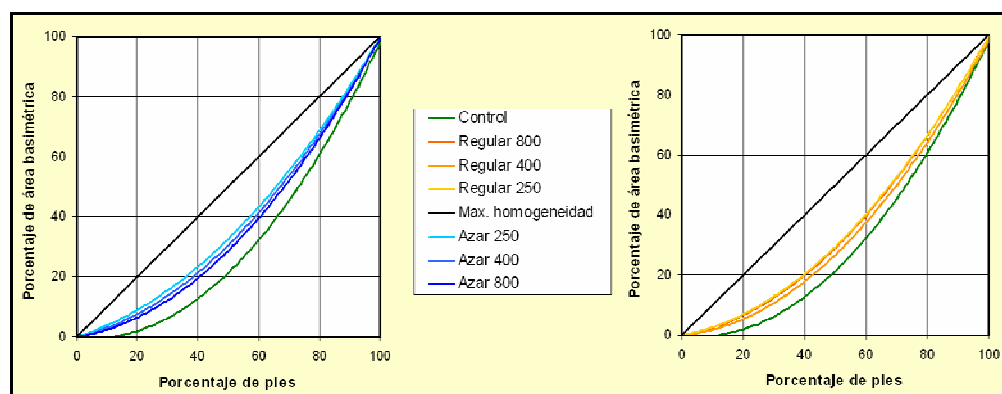


Figura 3—Curvas de Lorenz: relación entre porcentaje de pies y de área basimétrica

Como puede observarse en los gráficos, todos los clareos ensayados provocan un incremento de la homogeneidad, que puede medirse por su grado de aproximación a la recta bisectriz, frente a la situación control. Destaca especialmente el tratamiento Azar 250, que es el que más ha incrementado su homogeneidad, lo que confirma el resultado del resto de los índices.

Valoración conjunta

La creación de este área cortafuegos experimental ha ampliado y mejorado, en comparación con la faja cortafuegos previa, la aptitud de la zona como lugar estratégico de defensa frente a un eventual incendio forestal: los clareos han creado discontinuidades en el dosel forestal y han reducido la biomasa en pie, que se ha

extraído o triturado; estos cambios conllevan, en caso de incendio, una reducción de su intensidad así como una mayor dificultad de que éste se propague entre copas.

Asimismo, esta intervención selvícola ha supuesto una alteración notable de la estructura de la repoblación forestal, que ya ha sido estudiada en función del resultado obtenido en cada banda y que se presta a una valoración en conjunto.

El principal efecto de la intervención forestal es que, en la actualidad, tenemos 38 ha *distintas* en el seno de una repoblación coetánea y relativamente homogénea.

Frente a una situación de partida en la que el conjunto de la masa presentaba una densidad de árboles similar, las distintas bandas han creado todo un gradiente de densidades que propician toda una serie de condiciones ecológicas distintas. Los clareos aleatorios pueden considerarse particularmente diversificadores, ya que incluso en una misma banda tratada de igual forma se crean zonas de mayor y menor densidad.

Donde nos encontrábamos con una distribución espacial del arbolado tendente a la regularidad, a consecuencia de la repoblación en líneas y manteniendo una misma distancia entre árboles, hallamos en la actualidad dos entornos diferentes. En las zonas de clareo regular, esta distribución se ha mantenido o incluso incrementado, al haberse eliminado parcialmente las irregularidades creadas por las marras. En las zonas de clareo aleatorio, en cambio, la regularidad ha sido reducida, llegando a conseguir, incluso, una distribución muy próxima a la azarosa. Un clareo de este tipo consigue disminuir de una manera muy efectiva la fuerte artificialidad que presentaba la repoblación forestal.

Es inevitable que una masa forestal joven y coetánea presente una baja diversidad en el tamaño del arbolado que lo compone. En este marco, los clareos han provocado una mayor homogeneidad, si cabe, entre el arbolado, al haberse disminuido la proporción de árboles muy pequeños, lo que puede considerarse negativo en términos de diversidad a corto plazo. Sin embargo, a medio plazo, el efecto de los clareos podría tomar el sentido inverso. Previsiblemente, los árboles con menor competencia podrán desarrollarse de una manera más rápida, alcanzando tamaños mayores en el área cortafuegos que en el resto del pinar, lo que incrementaría la diversidad de tamaños que presentaría, en su conjunto, la masa forestal. Posiblemente sean los clareos regulares los que más puedan colaborar a esta previsión, ya que son los que minimizan la competencia entre árboles.

Conclusiones

Mediante la presente comunicación se ha puesto de relieve la importancia de tomar en consideración elementos como la biodiversidad o el paisaje a la hora de planificar la apertura de un área cortafuegos si pretendemos maximizar su utilidad social.

Resulta sencillo que la intervención cree un área de bordes sinuosos, lo que desdibuja las líneas rectas y disminuye su impacto paisajístico. Es recomendable el empleo de distintas densidades de arbolado, dado que cada una de ellas presenta unas condiciones ecológicas distintas y su combinación permite que la transición sea gradual, evitando fuertes contrastes.

Los clareos aleatorios pueden considerarse, en términos generales, más adecuados que los regulares para los fines de diversificación. Su aplicación

contrarresta los frecuentes patrones de regularidad existentes en las repoblaciones forestales, mostrándose particularmente efectivos cuando se corta un mayor número de árboles.

Todos los claros han provocado un descenso en la diversidad de tamaños del arbolado, debido a la tendencia a cortar los pies más pequeños. Resulta necesario continuar con los seguimientos para observar si este déficit a corto plazo se compensa con un mayor desarrollo del arbolado en el futuro.

Referencias bibliográficas

- Abellanas, B. 2003. **Selvicultura para la gestión y conservación del monte mediterráneo**. Borrador inédito proporcionado por la autora.
- Aguirre, O.; Kramer, H.; Jiménez, J. 1998. **Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos**. Allg Forst-u J-Ztg 169: 213-219.
- Clark, P.J.; Evans, F.C. 1954. **Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations**. Ecology 35: 445-453.
- Condés, S.; Martínez-Millán, J. 1998. **Comparación entre los índices de distribución espacial de árboles más usados en el ámbito forestal**. Invest Agrar: Sist Recur For 7: 173-187.
- Gadow, K.Von. 1993. **Zur Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung**. Forst und Holz 21: 601-606.
- Kint, V.; Lust, N.; Ferris, R.; Olsthoorn, A.F.M. 2000. **Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests**. Invest Agrar: Sist Recur For Fuera de serie nº 1: 147-163.
- Madrigal, A. 1998. **Problemática de la ordenación de masas artificiales en España**. Cuadernos de las Sociedad Española de Ciencias Forestales 6: 13-20.
- Río, M. del; Montes, F.; Cañellas, I.; Montero, G. 2003. **Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales**. Invest Agrar: Sist Recur For 12: 159-176.
- Vélez, R. 2000. **La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias**. McGraw-Hill, Aravaca (Madrid).