



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-484

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Estudio sobre la regeneración de las masas forestales afectadas por el incendio ocurrido el día 16 de julio en la comarca del Rodenal (Guadalajara)

SERRADA HIERRO, R.¹; AGUILAR PARRA, V.¹; AROCA FERNÁNDEZ, M.J.¹; CARRILLO PATIÑO, A.² y OCAÑA BUENO, L.²

¹ Grupo de Investigación en Ecología y Gestión Forestal Sostenible. EUIT Forestal - UPM (Madrid).

² Subdirección de I+D+i. Empresa de Transformación Agraria, S.A. (TRAGSA), c/ Maldonado 58, 28006 Madrid. España

Resumen

El catastrófico, por muchos conceptos, incendio que se produjo en el año 2005 en la comarca del Rodenal de Guadalajara afectó de forma significativa a varios tipos de masas forestales: pinares resinados de *Pinus pinaster* Ait.; pinares jóvenes y sin resinar de la misma especie; y rebollares (*Quercus pyrenaica* Willd.) en forma de monte bajo regular envejecido. Gracias a la iniciativa del Grupo TRAGSA se pudo instalar durante el invierno del 2005-2006 un dispositivo experimental permanente para estudiar el efecto de diferentes tratamientos orientados a potenciar la regeneración natural tras el paso del fuego, en el proyecto de I+D "RODENAL". Se presentan en este trabajo los resultados iniciales, tras inventario después de dos periodos vegetativos, sobre densidad y su evolución, y sobre altura alcanzada por los pies procedentes de regeneración natural de ambas especies. En relación con los pinares se estudia la eficacia de la corta de los pies afectados y del acordonamiento de restos. En relación con los rebollares las posibles diferencias entre tratamientos no se han manifestado todavía.

Palabras clave: regeneración tras incendio forestal; rebollar; pino rodeno; rodenal; resinados.

1. Introducción

El día 16 de julio de 2005 se inició un gran incendio forestal en la comarca de "El Rodenal" en la provincia de Guadalajara. Fue un incendio devastador que acabó con la vida de 11 personas que trabajaban en las labores de extinción. El incendio se prolongó durante cinco días, recorriendo 12.874 hectáreas. Afectó a distintos tipos de monte (Gil et al., 2007):

- Pinares resinados (*Pinus pinaster* Ait.) en estado de fustal con sotobosque profuso de estepa (*Cistus laurifolius* L.) y brecina (*Calluna vulgaris* (L.) Medik.) y presencia de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd) y quejigo (*Q. faginea* Lam) en densidades variables de entre 20 y 1.200 cepas/ha. Superficie afectada del orden de 9.000 ha.
- Pinares (*Pinus pinaster*) en estado de latizal alto con sotobosque de estepa y brecina, y presencia de rebollo (*Quercus pyrenaica*), con una densidad variable de 320 a 2.300 pies/ha, y de quejigo (*Quercus faginea*), con una densidad media en torno a 600 cepas/ha. Superficie afectada del orden de 1.000 ha.
- Masas mixtas de pinar con presencia de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y/o salgareño (*Pinus nigra* Arn.) en estado de fustal bajo con una densidad media del orden de 1.200 a 3.000 pies/ha y un área basimétrica de entre 25 y 60 m²/ha. Superficie ocupada por este tipo de masa antes del incendio inferior a 100 ha.
- Masas mixtas o puras de monte bajo de rebollo (*Q. pyrenaica*) y/o quejigo (*Q. faginea*). Superficie afectada del orden de 900 ha.
- Sabinares (*Juniperus thurifera* L.), presentes en las zonas perimetrales del incendio, sobre suelos calizos y con presencia de enebros. Superficie afectada del orden de 80 ha.
- Matorrales, compuestos por aliagares (*Genista scorpius*), estepares (*Cistus laurifolius*), brecinales (*Calluna vulgaris*) y labiadas (*Lavandula stoechas* y *L. latifolia*). Superficie afectada del orden de 1.500 ha.



A partir de finales de 2005, se desarrollan, en el marco del proyecto de I+D “RODENAL” por iniciativa de TRAGSA en colaboración con el INIA, el IRN/CSIC, el CINAM y la UPM, en los terrenos afectados por dicho incendio, estudios para obtener información sobre aspectos del proceso de restauración de zonas quemadas por grandes incendios forestales (severidad del incendio, factores ecológicos de la estación, estructura de la masa incendiada y tratamiento de la misma tras el incendio), que permitan elaborar directrices para agilizar y sistematizar la respuesta ante los grandes incendios, en lo que a la restauración de la superficie afectada se refiere (OCAÑA et al., 2007).

2. Objetivos

El objetivo general del presente estudio es analizar el proceso de regeneración natural tras incendio en las masas afectadas por el fuego de Julio de 2005 en la Comarca del Rodenal (Guadalajara). Más concretamente, se pretende evaluar el efecto de tres tratamientos selvícolas post-incendio: 1. corta y acordonamiento de restos, 2. acotado mediante cercado, y 3. siembra; sobre zonas anteriormente ocupadas por *a*) pinares de pino rodeno (*Pinus pinaster*) tanto jóvenes como adultos y por *b*) masas de monte bajo de rebollo (*Quercus pyrenaica*). Se pretende así mismo estudiar la evolución del efecto de estos tratamientos en función del tiempo transcurrido desde la perturbación. La caracterización del proceso de regeneración en cada caso se realiza en función de la altura y la densidad del regenerado.

3. Material y Métodos

Como ya se ha señalado anteriormente, el presente estudio se desarrolla en la Comarca del Rodenal (Provincia de Guadalajara), en la superficie afectada por el incendio del 16 de julio de 2005. Dadas las diferencias de comportamiento en la regeneración existentes entre los dos tipos de monte considerados, monte bajo de rebollo y monte alto de pino rodeno, se plantean para el estudio de la misma dos diseños experimentales independientes, uno para cada forma fundamental de masa y especie principal. Las bases del diseño experimental son en ambos casos las mismas: se evalúan la altura y la densidad del regenerado, en fechas consecutivas, sobre una serie de parcelas de 40 m x 40 m, agrupadas en bloques de características estacionales homogéneas, en las que se han aplicado diferentes tratamientos post-incendio. Las particularidades en cada caso, son las que se indican a continuación:

1. PINO RODENO:

Variables respuesta: Altura media medida en cm y densidad del regenerado medida en número de pies por ha.

Factores de experimentación: 1. Edad de la masa existente antes del incendio: dos niveles, *a*) **Pinar Viejo (PV):** masas de pino rodeno en edad de fustal viejo; *b*) **Pinar Joven (PJ):** masas de pino rodeno en estado de latizal alto; 2. Fecha de muestreo: fechas en las que se evalúa el regenerado tras la aplicación de los tratamientos: *a*) mayo 2006, *b*) julio 2006; *c*) octubre 2006; *d*) mayo 2007; 3. Tratamiento post incendio aplicado: cuatro niveles, *a*) **Apeo o corta (C):** se apea y se saca toda la madera en pie siguiendo las indicaciones establecidas en el pliego de condiciones de la Administración para dichos trabajos. Los restos de corta se acordonan en hileras a fin de evitar o reducir al máximo los arrastres normalmente inducidos tras incendio por desaparición de la cubierta vegetal y la pérdida de la estructura del suelo. *b*) **Apeo y Siembra (CS).** Se realiza todo lo descrito en el apartado anterior y además se siembra a voleo con semilla de pino rodeno de procedencia de la zona en una dosis de 2 kg/ha, en fajas libres de residuos. Dicha siembra se realiza durante la primera y segunda semana del mes de



abril del 2006. *c) Apeo, siembra y cerramiento con malla cinéctica (CSC)*. A todo lo anterior se suma un cerramiento con malla ganadera de 1,5 m de altura y postes de madera creosotada de 2,20 m con punta, se efectúa a fin de evaluar el impacto de la fauna silvestre y del ganado en la regeneración. *d) Testigo (T)*. Sin tratamiento.

Bloques y unidades de experimentación: Inicialmente se replantean 10 bloques de experimentación diferentes entre sí pero internamente homogéneos en cuanto condiciones de estación e intensidad del fuego sufrido, cinco en zonas de pinar joven y cinco en pinar viejo. Elementos ajenos al estudio impiden la correcta preparación del bloque 1 del pinar joven, por lo que el número de bloques de pinar queda finalmente reducido a 9 (cinco en pinar viejo y cuatro en pinar joven). Cada uno de estos bloques está constituido por cuatro parcelas de 40 m x 40 m (unidades de experimentación), una para cada uno de los cuatro tratamientos a aplicar. Las características concretas de cada uno de los bloques son las que se indican en las tablas 1 y 2. Una panorámica fotográfica de un bloque figura en foto 1.

Tabla 1: Localización y características de las áreas de estudio de pinar viejo. TM: término municipal; Or.: orientación; Alt.: altitud; P.S.: profundidad del perfil; P.sup.: pedregosidad superficial; A.R.: afloramientos rocosos; N: densidad de la masa anterior; G: área basimétrica de la masa anterior; H: altura media de la masa anterior; S.I.: severidad del incendio.

Bloque	TM/monte	Or.	Alt. (m)	Pend. (%)	Roca	P.S. (cm)	P.sup. (%)	A.R. (%)	N (p/ha)	G (m ² /ha)	H (m)	S.I.
PV1	Ciruelos del Pinar / UP 150	E	1.243	13	arenisca	71	5	5	325	38,0	17,0	Media
PV2	Ciruelos del Pinar / UP 150	E	1.267	4	arenisca	51	3	10	181	16,7	15,3	Media
PV3	Mazarete / UP 232	SE	1.248	3	arenisca	51	5	0	63	9,9	15,5	Baja
PV4	Riba de Saelices / UP 297	E	1.244	31	pudinga	48	66	0	575	22,8	14,5	Alta
PV5	Santa María del Espino / UP 292	SO	1.227	17	pudinga	50	43	0	544	32,5	9,80	Alta

Tabla 2: Localización y características de las áreas de estudio de pinar joven.

TM: término municipal; Or.: orientación; Alt.: altitud; P.S.: profundidad del perfil; P.sup.: pedregosidad superficial; A.R.: afloramientos rocosos; N: densidad de la masa anterior; G: área basimétrica de la masa anterior; H: altura media de la masa anterior; S.I.: severidad del incendio. En PJI no se realizan los tratamientos por motivos ajenos al estudio.

Bloque	TM/monte	Or.	Alt. (m)	Pend. (%)	Roca	P.S. (cm)	P.sup. (%)	A.R. (%)	N (p/ha)	G (m ² /ha)	H (m)	S.I.
PJ1	Selas / UP 191	N	1.365	5	pudinga	-	70	0	806	10,8	6,2	Baja
PJ2	Selas / UP 191	O	1.368	35	pudinga	26	88	0	731	11,7	9,0	Alta
PJ3	Anquela del Ducado / UP 301	ONO	1.205	5	pudinga	38	25	0	763	16,9	7,5	Media
PJ4	Ciruelos del Pinar / UP 150	E	1.238	35	arenisca	44	32	30	925	8,3	6,0	Alta
PJ5	Ciruelos del Pinar / UP 150	OSO	1.238	20	arenisca	32	20	5	225	2,7	7,0	Alta

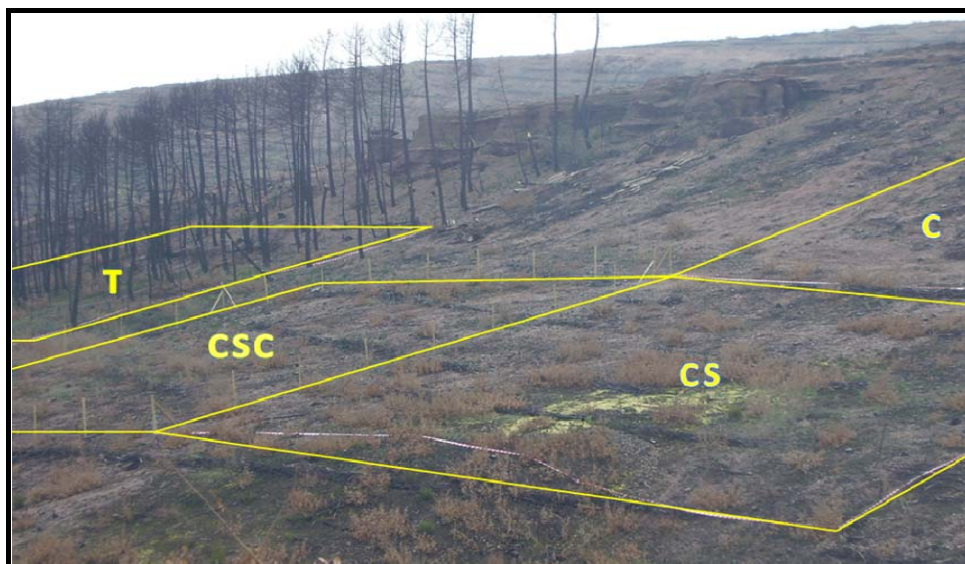


Foto 1. Bloque PV4 (La Riba de Saelices) de inventario. Se pueden ver la parcela "Testigo" (T), la parcela "Corta, Siembra y Cercado" (CSC), la parcela "Corta y Siembra" (CS) y parte de la parcela "Corta" (C).

2. MONTE BAJO DE REBOLLO:

Variables respuesta: altura dominante medida en cm, altura media medida en cm. y densidad del regenerado medida como número de brotes por ha.

Factores de experimentación:

1. Fecha de muestreo: se evalúa la altura del rebrote en cuatro fechas consecutivas: a) mayo 2006, b) julio 2006; c) octubre 2006; d) mayo 2007., y la densidad en el primer y último inventario.

2. Tratamiento post incendio aplicado: tres niveles ya que en el caso del monte bajo se elimina la siembra de los tratamientos, a) **Apeo (C)**: las mismas características que en el caso anterior; b) **Apeo y cerramiento con malla cinegética (CC)**. Apeo al que se suma un cerramiento de iguales características al de los pinares; c) **Testigo (T)**. Sin tratamiento.

Bloques y unidades de experimentación: Se replantean 5 bloques de experimentación diferentes entre sí pero homogéneos internamente en cuanto a características de la estación y del incendio sufrido. Cada uno está integrado por tres parcelas de 40 m x 40 m, una para cada tratamiento a aplicar en este tipo de monte. Las características de los bloques de experimentación se resumen en la tabla 3.

En conjunto, se replantean un total de 51 parcelas de 40 m x 40 m, repartidas en 14 bloques de muestreo, cinco para pinar viejo (20 parcelas), cuatro para pinar joven (16 parcelas) y cinco para monte bajo de rebollo (15 parcelas).

Con el fin de llevar a cabo los sucesivos inventarios de regeneración, en cada una de las parcelas de experimentación se instalan 25 subparcelas de 1,5 m x 1,5 m distribuidas del modo que se muestra en la figura 1 y foto 2. Este esquema de distribución se sigue fielmente en las parcelas testigo pero se adapta siguiendo las fajas de residuos en las parcelas con cordones de restos.

Los valores de densidad de diseminado de pino se obtienen por conteo de los ejemplares presentes dentro de cada subparcela de inventario (foto 3). Los valores de altura del diseminado de pino se obtienen como la media de los cinco ejemplares más cercanos a las esquinas y al centro de cada subparcela en cada inventario. Los valores de densidad de

brotación de rebollo se obtienen considerando en cada parcela de inventario únicamente los brotes que superan la mitad de la altura máxima dentro de cada golpe de brotación (foto 4). La altura media se estima del mismo modo que para los brinzales de pino. La altura dominante es la media de las alturas del brote más alto de cada parcela de inventario.

Tabla 3: Localización y características de las áreas de estudio de rebollar.

TM: término municipal; Or.: orientación; Alt.: altitud; P.S.: profundidad del perfil; P.sup.: pedregosidad superficial; A.R.: afloramientos rocosos; N: densidad de la masa anterior; G: área basimétrica de la masa anterior; H: altura media de la masa anterior; S.I.: severidad del incendio.

Bloque	TM/monte	Or.	Alt. (m)	Pend. (%)	Roca	P.S. (cm)	P.sup. (%)	A.R. (%)	N (p/ha)	G (m ² /ha)	H (m)	S.I.
MB1	Santa María del Espino/UP 293	O	1.187	10	arenisca	70	5	0	3.920	11,1	7,0	Baja
MB2	Santa María del Espino/UP 293	SO	1.158	2	arenisca	75	5	5	6.406	30,6	7,0	Alta
MB3	Ciruelos del Pinar/UP 149	NO	1.253	2	arenisca	45	5	5	990	6,3	6,0	Media
MB4	Ciruelos del Pinar/UP 149	NO	1.298	5	arenisca	40	5	0	513	3,3	4,7	Media
MB5	Luzón/UP 296	NO	1.255	10	pudinga	45		0	1.344	5,2	4,5	Media

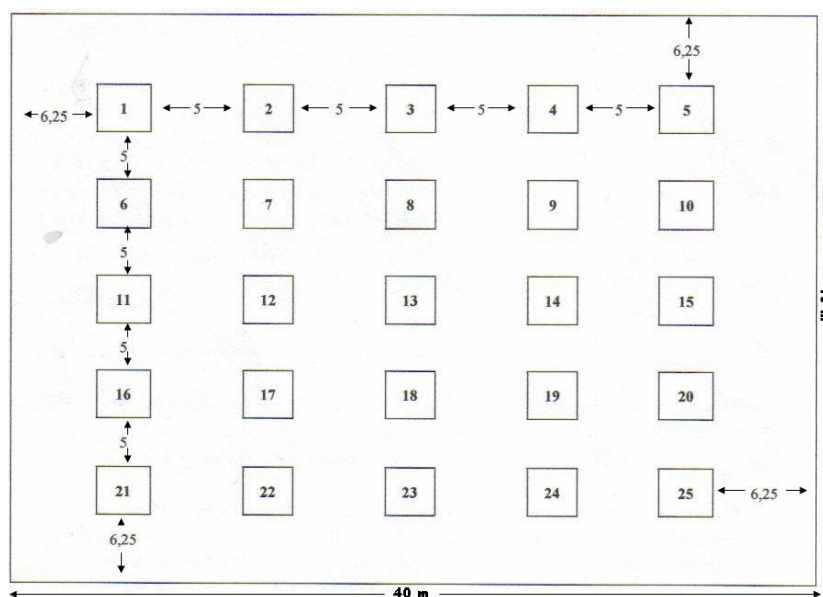


Figura 1. Esquema de situación de parcelas de inventario.



Foto 2. Detalle de la subparcela n° 2 del bloque 3 de Pinar Viejo con el tratamiento "Corta".

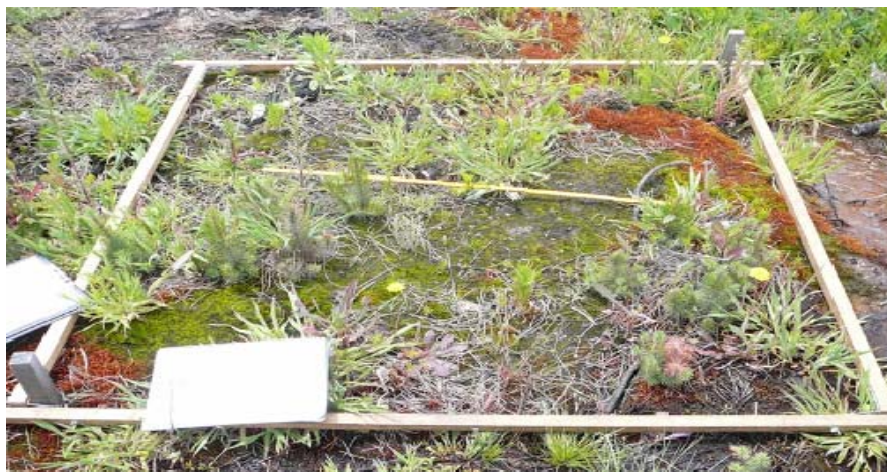


Foto 3. Subparcela replanteada con dos estacas sobre las que se hace encajar el marco de 1,5 m x1,5 m para realizar el inventario, en este caso de brinzales de pino rodeno.



Foto 4. Subparcela replanteada de la misma forma, en este caso el inventario y la medición de alturas se realiza sobre una parcela de *Quercus pyrenaica*.

Se resume a continuación el calendario de trabajo en campo:

ACTUACIONES A REALIZAR		PERIODO DE EJECUCIÓN
1ª Fase	Ejecución de los trabajos de apeo o recepe; Retirada de madera y leñas; Acordonamiento de residuos en las zonas colindantes a las parcelas testigo.	enero - marzo 2006
2ª Fase	Replanteo de las parcelas (C), (CS), (CC), (CSC), sobre zonas colindantes a parcelas testigo. Ejecución de las siembras.	Primera semana de abril del 2006
3ª Fase	Replanteo de las subparcelas de inventario	abril del 2006
4ª Fase	Inventarios periódicos de germinación, brotación y desarrollo.	1º Inventario → mayo 2006 2º Inventario → julio 2006 3º Inventario → octubre 2006 4º Inventario → mayo 2007

Tratamiento de los datos y análisis estadístico.

Teniendo en cuenta las características del diseño experimental desarrollado, el análisis de resultados se realiza a través del ajuste de modelos lineales mixtos. Se considera un diseño experimental con tres y cuatro factores fijos para los diseños de monte bajo y de pinar respectivamente. Dichos factores son: tratamiento (4 niveles para el pinar y 3 para el rebollo), edad de la masa (sólo en pinar con 2 niveles), bloque de experimentación (9 niveles en pinar y 5 en monte bajo) y fecha de inventario (4 niveles en todos los casos, salvo para la densidad del monte bajo que sólo es inventariada en las fechas inicial y final del experimento).

Todos estos factores son de tipo intersujetos a excepción de la fecha, que es el factor intrasujetos que sirve para identificar las mediciones repetidas sobre las mismas parcelas. Los modelos consideran así mismo un factor aleatorio que identifica la parcela de experimentación (36 niveles en pinar y 15 niveles en monte bajo). La estimación de los parámetros de los modelos se lleva a cabo por el método de máxima verosimilitud restringida. Se supone una estructura de la covarianza residual de tipo autorregresivo. Suma de cuadrados Tipo III. El análisis de diferencias significativas entre los efectos principales de los diferentes factores se realiza por el método de Bonferroni. El tratamiento de datos se realiza con el paquete estadístico SPSS.v14.0.1.

4. Resultados y Discusión

Las medias de densidad y altura del regenerado en las parcelas en zonas de pinar, en función de los distintos factores analizados, se muestran en la tabla 4. Las correspondientes a las parcelas de monte bajo constan en las tablas 8 y 9.

Como referencia general hay que decir que:

- La densidad media encontrada en la zona de pinar en la fecha inicial de muestreo es de 17.131 pies/ha y se reduce hasta 11.379 en el último inventario. Demuestra este dato la gran capacidad de la especie para la regeneración a partir del banco aéreo de semillas tras el incendio (TAPIAS y GIL, 2000; MADRIGAL, 2005).
- La altura media de los pies de pino contabilizados en inicio es de 3,1cm y aumenta hasta los 11,1 cm durante el tiempo de ensayo.
- En el caso del monte bajo, la densidad inicial media de rebrote en el conjunto del dispositivo experimental, es de 183.149 pies/ha, y se reduce hasta 76.693 en la última fecha de muestreo. Teniendo en cuenta el modo de inventariar las densidades en esta masa se pone de manifiesto la rápida diferenciación sociológica en los pies brotados en tan alto número tras el incendio.

- Las alturas media y dominante de los rebollos en la fecha inicial son respectivamente 25,0 y 73,8 cm y alcanzan 45,0 y 95,0 cm al final del período de muestreo, con dos savias cumplidas.

Para analizar la posible influencia de los factores de estudio sobre estas variables, se lleva a cabo el ajuste de sendos modelos lineales mixtos, uno para cada variable y tipo de masa.

Tabla 4. Densidades y alturas medias del regenerado medidas en el dispositivo experimental instalado en zona de pinar de *Pinus pinaster* en las sucesivas fechas de muestreo: 1, mayo 2006; 2, julio 2006; 3, octubre 2006; 4, mayo 2007.

Bloque	Trat	Densidad (n°pies/ha)				Altura media (cm)			
		Fecha				Fecha			
		1	2	3	4	1	2	3	4
PV1	T	32178	20978	13333	12267	3,7	5,0	5,7	10,5
	C	36267	32533	28266	25067	3,3	6,5	9,3	18,0
	CS	33778	40711	35555	32178	3,5	6,3	9,9	16,4
	CSC	25600	27200	28444	27200	3,9	7,1	10,7	17,8
PV2	T	7644	3378	4267	4267	3,2	5,3	7,9	16,0
	C	13689	12089	9244	8000	3,9	5,6	6,4	11,6
	CS	3378	2844	2133	1956	2,8	4,4	6,2	11,6
	CSC	4978	4444	3022	3200	2,7	4,5	6,9	12,8
PV3	T	11378	8355	7466	6578	3,5	5,3	6,4	11,4
	C	11733	8711	5511	5156	3,2	4,7	6,4	10,2
	CS	11378	6578	4622	4267	3,0	5,4	8,0	13,3
	CSC	9067	2489	2133	1956	2,7	4,4	6,4	10,0
PV4	T	3911	3733	3200	1422	2,4	4,2	5,4	9,1
	C	711	533	533	356	2,8	4,7	6,5	17,9
	CS	6756	5689	5689	5156	3,0	5,5	7,1	13,0
	CSC	1422	1422	933	889	3,1	3,6	5,7	11,4
PV5	T	27733	20800	19200	19022	3,1	3,8	5,4	9,3
	C	4978	3022	2844	2311	2,6	4,5	7,7	16,8
	CS	12978	9422	8711	8889	3,2	4,3	5,7	11,3
	CSC	23822	20266	19200	17956	2,9	3,9	5,1	8,9
PJ2	T	4267	3911	3022	2894	3,0	4,2	5,8	8,9
	C	6044	4978	4622	4267	2,5	4,5	5,9	10,7
	CS	3378	3333	3200	2667	2,5	4,3	6,0	10,1
	CSC	4800	3733	4444	3911	2,5	3,8	5,9	9,2
PJ3	T	63644	43022	41244	39822	2,8	3,5	5,1	8,1
	C	87288	68622	62399	56356	3,0	4,0	5,1	6,9
	CS	42666	38755	34666	27556	2,8	3,9	5,0	7,6
	CSC	105066	90844	80888	74311	3,4	4,2	5,2	7,1
PJ4	T	1600	1422	1111	1067	3,3	4,0	5,3	9,0
	C	2311	1422	2667	1244	3,1	4,6	4,5	7,8
	CS	3378	2667	2489	2311	3,5	4,8	5,6	8,5
	CSC	2844	1956	1422	889	3,3	4,2	5,1	10,0
PJ5	T	1600	1067	1067	889	2,9	4,3	6,8	10,9
	C	2311	3022	2667	2311	3,1	5,0	5,3	8,4
	CS	1422	1422	533	356	3,0	4,8	5,7	10,8
	CSC	711	889	356	711	4,7	4,4	5,7	7,6

Los resultados obtenidos son los que se indican a continuación:

1. Análisis estadístico para Pinar:

Factores fijos intersujetos: Tratamiento (4 niveles), Tipo de vegetación (2 niveles), Bloque anidado en el tipo de vegetación (9 niveles).

Factor fijo intrasujetos: Fecha (4 niveles).

Factor aleatorio que identifica las unidades experimentales: Parcela (36 niveles).

Se contrastan los efectos principales de los factores así como las interacciones de orden 2 a excepción de los del bloque (por definición).

Variables dependientes: Modelo 1: Ln (nº de pies/ha) y Modelo 2: Ln (altura). Se analizan las variables transformadas a fin de cumplir los supuestos de homocedasticidad y normalidad de los residuos requeridos por los modelos.

Los resultados de los contrastes de la significación de los parámetros correspondientes a los efectos fijos principales y a las interacciones de segundo orden en los modelos descritos se adjuntan en la tabla 5 (Ln (altura)) y la tabla 6 (Ln (nºpies/ha)). Del análisis realizado se deduce que ninguno de los tratamientos aplicados influye significativamente en la altura o la densidad del regenerado dentro del plazo en el que se han realizado inventarios. Aunque sin diferencias significativas, parece existir la tendencia de una mayor densidad inicial en las parcelas testigo de pinar viejo, siendo la mortalidad relativa mayor en ellas.

Tabla 5. Resultados de los contrastes de significación de los parámetros del modelo ajustado para el Ln (Altura) de los pinos.

Origen	Numerador df	Denominador df	Valor F	Sig.
Intersección	1	20,846	6428,644	0,000
EDAD	1	20,846	18,075	0,000
FECHA	3	83,501	532,864	0,000
TRATAMIENTO	3	20,846	,419	0,741
EDAD * FECHA	3	83,501	10,245	0,000
EDAD* TRAT	3	20,836	,980	0,421
FECHA * TRAT	9	83,501	1,731	0,095
BLOQUE(EDAD)	7	20,836	2,559	0,045

Tabla 6. Resultados de los contrastes de significación de los parámetros del modelo ajustado para el Ln (Densidad) en el pinar.

Origen	Numerador df	Denominador df	Valor F	Sig.
Intersección	1	22,266	7447,331	0,000
EDAD	1	22,266	3,909	0,061
FECHA	3	92,481	16,548	0,000
TRATAMIENTO	3	22,259	,070	0,975
EDAD * FECHA	3	92,481	,667	0,574
EDAD * TRAT	3	21,691	1,205	0,331
FECHA * TRAT	9	92,481	,733	0,678
BLOQUE(EDAD)	7	21,691	22,012	0,000

Por el contrario, la fecha de muestreo sí influye en ambas variables y, tal y como demuestran las comparaciones por parejas de los niveles del efecto principal del factor fecha (método de Bonferroni), todas las fechas suponen un cambio significativo en los valores tanto de altura (que aumenta) como de densidad (que disminuye). En ésta última variable, el nivel

de significación de las diferencias entre las fechas 3 y 4 roza el límite de la significación verdadera, lo que pone de manifiesto que la disminución de densidad entre octubre de 2006 y mayo de 2007 ha sido menor que en los períodos anteriores, lo que podría implicar que el regenerado comienza a estabilizarse.

El efecto de la Edad de la masa preexistente (fustal o latizal) tan sólo es significativo en el caso de la altura del regenerado, en el que resulta significativo además el efecto de la interacción entre Fecha y Edad. La altura final del regenerado en pinar viejo da cifras entre 11,2 cm y 15,7 cm, mientras que las de pinar joven oscilan entre 6,3 cm y 9,7 cm, casi la mitad de las primeras y unos 6 cm menos. Se comprueba en la representación gráfica de los intervalos de confianza al 95% de las medias de altura del pinar viejo y el pinar joven a lo largo de las cuatro fechas de inventario (figura 2), pero además se ve que esta diferencia va en aumento a medida que aumenta el tiempo transcurrido desde la perturbación. No encontramos una explicación fundada para este hecho.

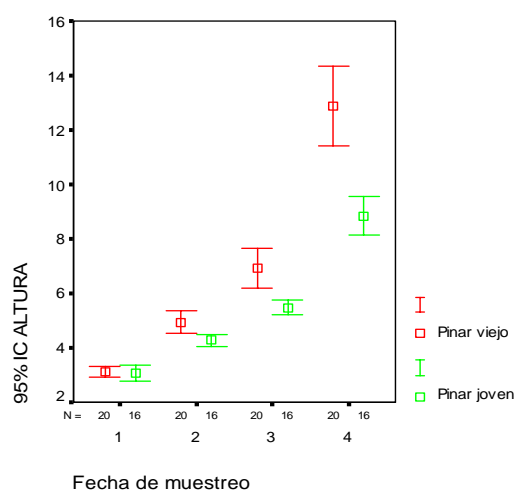


Figura 2. Representación gráfica de los intervalos de confianza al 95% de las medias de altura del pinar viejo y el pinar joven a lo largo de las cuatro fechas de inventario.

Pudiera estar relacionado con la severidad del incendio (PAUSAS et al., 2003), ya que, genéricamente, en las masas de pinar joven la cantidad de combustible fino es más abundante que en fustales regulares. Otra explicación podría basarse en las condiciones edáficas, modificadas recientemente en el pinar joven por las cortas de regeneración. La continuidad del estudio en el tiempo, manteniendo las parcelas y sus mediciones de modo indefinido, confirmará si esta tendencia se mantiene, lo que podría dar ocasión a profundizar en las causas.

Aunque sin significación estadística, el crecimiento inicial del regenerado de pino se ve retrasado, en pinar viejo, en las parcelas testigo respecto de otros tratamientos. Puede deberse este hecho, por una parte, a la sombra de los pies muertos por el fuego y por otra parte a que no está reducida la escorrentía por los cordones de restos.

Esta diferencia en crecimiento inicial y la tendencia a largo plazo no se manifiestan en las parcelas de pinar joven, pues se obtienen alturas semejantes en todos los tratamientos. Este hecho puede centrar la explicación del retraso del crecimiento en testigo en las de pinar viejo en la sombra de los fustes de la masa muerta.

Señalar por último que el efecto del bloque resulta significativo sobre la densidad del regenerado y roza el límite de la significación (0,05) en el caso de la altura. Para los valores de densidad, dentro del conjunto de los bloques, las diferencias significativas encontradas según el método de Bonferroni, permiten establecer cuatro grupos que se muestran en la tabla 7 que cumplen que todos los bloques integrados en un grupo no tienen diferencias significativas entre sí. Simplificando un poco esta información podemos afirmar que existe un grupo de bloques de densidad más elevada, integrado por el PJ3 y el PV1 (siendo el primero de los dos el que más difiere del resto), un grupo numeroso de densidades más bajas (PV2, PJ2, PJ4, PV4 y PJ5) y un grupo de densidades intermedias entre ambos (PV5 y PV3). Las diferencias manifestadas tienen fundamento en diferentes condiciones estacionales (NE'EMAN et al, 1992) y en la variable severidad del incendio (MARTÍNEZ et al., 2002).

El grupo de mayor densidad presenta severidad media y escasa pedregosidad, mientras que el grupo de mínima densidad presenta severidad alta y pedregosidad también alta.

Tabla 7. Agrupación de bloques en pinar según densidades de regenerado decrecientes. Los integrantes de cada grupo no presentan diferencias significativas entre si (Bonferroni).

a	ab	bc	bcd
PJ3			
PV1	PV1		
	PV5	PV5	
	PV3	PV3	PV3
		PV2	PV2
		PJ2	PJ2
			PJ4
			PV4
			PJ5

Hay que destacar llegado este punto, el hecho de que el factor bloque está anidado en el factor Edad, puesto que se seleccionan cinco bloques de tipo pinar viejo y cuatro (distintos a los anteriores) de tipo pinar joven. Esto hace que cuando uno de los dos factores influye en las variables de estudio, esta influencia también se manifieste parcialmente en el otro, pero con menor intensidad. En el caso de la altura, el factor determinante es la edad de la masa preexistente, pero el bloque se mantiene con valores de significación cercanos a 0,05; en el caso de la densidad (nº de pies/ha) ocurre justo al contrario, el factor que verdaderamente explica es el bloque (sig=0,000) y es la edad la que se ve ligeramente afectada (sig. 0,045). Destacar por tanto que en el caso estudiado, los elementos que definen una mayor o menor calidad de estación (bloque) son los que se relacionan con la densidad de aparición del regenerado por encima de la influencia causada por la masa anterior mientras que en el caso de la altura del regenerado ocurre justo al contrario.

2. Análisis estadístico para Rebollar:

Factores fijos intersujetos: Tratamiento (3 niveles), Bloque (5 niveles).

Factor fijo intrasujetos: Fecha (4 niveles para las Alturas y 2 para la Densidad).

Factor aleatorio que identifica las unidades experimentales: Parcela (15 niveles).

Se contrastan los efectos principales de los factores así como las interacciones entre Tratamiento y Fecha.

Tabla 8. Valores de densidad del regenerado de *Quercus pyrenaica* contabilizados en las sucesivas fechas de muestreo, (1, mayo 2006; 4, mayo 2007) en el dispositivo experimental instalado en zona de monte bajo.

Bloque	Trat	Densidad (n°brotes/ha)	
		1	4
MB1	T	105600	50133
	C	103289	67378
	CS	103289	47822
MB2	T	222756	77333
	C	348089	140267
	CS	352533	115378
MB3	T	213689	102400
	C	169244	56533
	CS	163022	74311
MB4	T	76089	46222
	C	193813	68978
	CS	87289	43378
MB5	T	241600	84089
	C	175111	80178
	CS	191822	96000

Tabla 9. Alturas medias y dominantes del regenerado de *Quercus pyrenaica* medidas en las sucesivas fechas de muestreo (1, mayo 2006; 2, julio 2006; 3, octubre 2006; 4, mayo 2007) en el dispositivo experimental instalado en zona de monte bajo.

Bloque	Trat	Altura media (cm)				Altura dominante (cm)			
		Fecha				Fecha			
		1	2	3	4	1	2	3	4
MB1	T	25,2	40,4	57,8	91,2	46,7	82,6	88,5	113,9
	C	18,4	37,3	55,4	80,4	32,5	71,7	88,0	103,9
	CS	15,1	41,1	62,4	106,1	30,7	83,1	111,6	125,3
MB2	T	27,2	57,7	63,1	80,1	55,2	80,4	92,5	109,3
	C	31,7	43,9	50,3	67,2	58,0	73,4	74,5	96,1
	CS	24,6	26,8	33,3	46,5	47,6	48,8	53,1	65,9
MB3	T	23,0	39,7	42,8	65,7	42,2	71,5	75,8	84,9
	C	25,5	39,1	43,3	67,1	46,4	77,0	78,6	90,7
	CS	23,9	35,3	42,6	59,0	41,9	60,4	67,7	77,5
MB4	T	21,2	36,5	45,6	68,2	34,5	64,9	71,7	86,3
	C	24,3	33,6	40,6	65,4	41,7	56,2	61,4	79,1
	CS	25,8	36,1	39,8	63,7	42,2	57,4	65,3	85,5
MB5	T	23,7	35,6	42,3	71,5	44,3	60,9	64,1	89,4
	C	36,4	44,5	59,8	84,5	61,4	82,0	94,5	111,2
	CS	28,2	47,1	65,3	89,9	49,6	75,5	94,9	114,0

Variables dependientes: Modelo1: Ln (n° de pies/ha); Modelo 2 Ln (Altura media) y Modelo 3: Ln (Altura dominante). Se analizan las variables transformadas a fin de cumplir los supuestos de homocedasticidad y normalidad de los residuos requeridos por los modelos.

Los resultados de los contrastes de la significación de los parámetros correspondientes a los efectos fijos principales y a las interacciones de segundo orden en los modelos descritos se adjuntan en la tabla 10 (Ln(n°pies/ha)) y tablas 11 y 12 (Ln(altura media y dominante respectivamente)).

Tabla 10. Resultados de los contrastes de significación de los parámetros del modelo ajustado para el Ln (Densidad) en el rebollar.

Origen	Numerador df	Denominador df	Valor F	Sig.
Intersección	1	8,000	32379,850	0,000
FECHA	1	12,000	194,767	0,000
BLOQUE	4	8,000	6,858	0,011
TRAT	2	8,000	0,505	0,621
FECHA * TRAT	2	12,000	0,037	0,964

Tabla 11. Resultados de los contrastes de significación de los parámetros del modelo ajustado para el Ln (Altura media) de los rebollos.

Origen	Numerador df	Denominador df	Valor F	Sig.
Intersección	1	8,591	6329,444	0,000
FECHA	3	33,723	103,506	0,000
BLOQUE	4	8,488	0,685	0,621
TRAT	2	8,591	0,265	0,774
FECHA * TRAT	6	33,723	0,416	0,863

Tabla 12. Resultados de los contrastes de significación de los parámetros del modelo ajustado para el Ln (Altura dominante) de los rebollos.

Origen	Numerador df	Denominador df	Valor F	Sig.
Intersección	1	8,892	10414,608	0,000
FECHA	3	33,511	62,634	0,000
BLOQUE	4	8,868	1,010	0,452
TRAT	2	8,892	0,326	0,730
FECHA * TRAT	6	33,511	0,224	0,966

Al igual que en el caso del pinar, en el monte bajo los tratamientos aplicados no influyen significativamente sobre la densidad y altura (tanto media como dominante) del regenerado dentro del periodo de estudio. Por el contrario la fecha influye en todos los niveles (Bonferroni) lo que indica que entre los sucesivos inventarios se produce un cambio significativo en todas las variables analizadas: se produce una significativa y constante disminución de la densidad de rebrote y un aumento de semejantes características de las alturas media y dominante.

La variación de la densidad media al segundo año queda reflejada en el hecho de que, de modo global, únicamente superan la mitad de la altura media el 42% de los brotes nacidos durante el primer año. Los brotes dominados pasan a ser muy numerosos. Cuando el porcentaje de pies dominantes al segundo año es máximo, 53% en MB1, la densidad inicial fue mínima. Esta diferenciación sociológica natural aconseja esperar varios años a realizar selección artificial de brotes.

Por último hay que destacar que las características del bloque de experimentación tan sólo generan un efecto significativo sobre la densidad del rebrote. El análisis de diferencias significativas entre los efectos principales del factor bloque por el método de Bonferroni, pone de manifiesto que el bloque MB2 (máxima densidad antes del incendio y máxima severidad) tiene densidades significativamente mayores que los bloques MB1 (mínima

severidad) y MB4 (mínima densidad inicial). Los bloques MB5 y MB3 presentan densidades intermedias entre los anteriores grupos, por lo que no se diferencian significativamente de ninguno de ellos.

Se espera comprobar en inventarios sucesivos que el testigo, ausencia de recepe tras el incendio, influye negativamente en las alturas alcanzadas por la brotación. Este efecto se derivará de la competencia de brotaciones de epicórmicos en un futuro. Se comprueba que la altura de la brotación en los dos primeros años es función del estado inicial de las reservas de las cepas.

3. Resumen sobre evolución de la mortalidad en pinar:

Finalmente, se presentan un conjunto de tablas, tablas 13, 14, 15 y 16, resumiendo datos de evolución de la densidad del regenerado en pinar, dando información de mortalidad en valor absoluto y relativo. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 13: Evolución de la mortalidad del regenerado en Pinar Viejo según tratamientos.

PINAR VIEJO (pies/ha)	INVENTARIO MAYO 2006	INVENTARIO MAYO 2007	MORTALIDAD (pies/ha)	MORTALIDAD (%)
T	16.569	10.027	6.542	39,50%
C	13.476	8.178	5.298	39,30%
CS	13.654	10.489	3.165	23,20%
CSC	12.378	10.240	2.138	17,30%

Tabla 14: Evolución de la mortalidad del regenerado en Pinar Viejo según tratamientos.

PINAR VIEJO (pies/ha)	INVENTARIO MAYO 2006	INVENTARIO MAYO 2007	MORTALIDAD (pies/ha)	MORTALIDAD (%)
PV1	31.956	24.178	7.778	24,30%
PV2	7.422	4.356	3.066	41,30%
PV3	10.889	4.489	6.400	58,80%
PV4	3.200	1.956	1.244	38,90%
PV5	17.378	12.044	5.334	30,70%

Tabla 15: Evolución de la mortalidad del regenerado en Pinar Joven según tratamientos.

PINAR JOVEN (pies/ha)	INVENTARIO MAYO 2006	INVENTARIO MAYO 2007	MORTALIDAD (pies/ha)	MORTALIDAD (%)
T	17.778	11.168	6.610	37,20%
C	24.489	16.044	8.445	34,50%
CS	12.711	8.222	4.489	35,30%
CSC	28.355	19.956	8.399	29,60%

Tabla 16: Evolución de la mortalidad del regenerado en Pinar Joven según bloques.

PINAR JOVEN (pies/ha)	INVENTARIO MAYO 2006	INVENTARIO MAYO 2007	MORTALIDAD (pies/ha)	MORTALIDAD (%)
PJ1	12.444	8.533	3.911	31,40%
PJ2	4.662	3.435	1.227	26,30%
PJ3	74.666	49.511	25.155	33,70%
PJ4	2.533	1.378	1.155	45,60%
PJ5	1.511	1.067	444	29,40%

El objetivo es facilitar el diagnóstico de cara a la gestión de las masas, considerar densidad suficiente para futuro de la masa, y dar una referencia de mortalidad en un verano tras el incendio que no fue especialmente seco. De las tablas se deduce que la regeneración

natural del pinar tiene cifras globalmente aceptables de densidad en las zonas estudiadas, que si se mantienen no hacen necesaria la reforestación.

Sin existir diferencias estadísticamente significativas, los tratamientos, respecto de la densidad inicial y de su evolución, presentan las siguientes tendencias: el testigo aporta una densidad inicial superior o alta, especialmente en pinar viejo que posteriormente da más altas tasas de mortalidad.

5. Conclusiones

5.1. Conclusiones para el Pinar.

- 1.- La densidad inicial del regenerado y su altura está favorecida por una menor severidad del incendio y una mejor condición estacional: menor pendiente y menor pedregosidad superficial.
- 2.- En el caso del pinar joven, la regeneración inicial obtenida es alta y comparable al pinar viejo. Esto confirma la alta precocidad de la especie para la producción de semilla.
- 3.- No se encuentra explicación para el hecho comprobado de que las alturas en el segundo año de los brinzales de pino en las parcelas de pinar viejo tengan una altura mayor que los del pinar joven.
- 4.- La regeneración obtenida, aún dentro de una gran variabilidad, parece asegurar densidad suficiente para el futuro de las masas sin necesidad, en los parajes estudiados, de acudir a la reforestación.

5.2. Conclusiones para Rebollar.

- 1.- La densidad de la brotación del rebollar tras el incendio es muy alta en todo caso, más que suficiente para materializar a posteriori una masa de espesura suficiente.
- 2.- Las variaciones de densidad inicial de brotación entre bloques se explica a través del estado vegetativo y de la calidad y espesura de la masa afectada. A mayor calidad y espesura, mayor densidad de brotación.
- 3.- Al segundo año únicamente superan la mitad de la altura media el 42% de los brotes nacidos durante el primer año. Los brotes dominados pasan a ser muy numerosos. Esta diferenciación sociológica natural aconseja esperar varios años a realizar una selección artificial de brotes.
- 4.- La altura alcanzada por los chirpiales al final del primer periodo vegetativo, y también del segundo, es independiente del tratamiento. El efecto del tratamiento deberá ser comprobado a edades mayores en la evolución de la masa.

6. Bibliografía

GIL, R.; SERRADA, R.; MUÑOZ, I.; MARTÍNEZ, J.; LÓPEZ DE DIEGO, L. A.; RODRÍGUEZ, M.; ROMERO, F.; CABEZOS, F.J.; MAGRO, J.; y OCAÑA, L. 2007. CONAMA VIII. Incendios Forestales: Tratamiento de superficies quemadas. Grupo de trabajo nº 6. Actas del VIII Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid.

MADRIGAL, J. 2005. Regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. tras grandes incendios forestales: Factores influyentes. Córdoba: Universidad de Córdoba, ETSIAM; 396 p. Disertación doctoral.

MARTÍNEZ, E.; MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M.; VEGA, J.A.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; FONTURBEL, M.; CUIÑAS, P.; ALONSO, M.; BELOSO, M. 2002. Effect of fire intensity on seed dispersal and early regeneration in a *Pinus pinaster* forest. En: Viegas, D.X., editor. Proc. IV Int. Conf. Forest Fire Research & 2002 Wildland Fire Safety Summit; Millpress Science Publishers, Rotherdam, CD-ROM.

NE'EMAN, G.; LAHAV, H.; IZHAKI, I. 1992. Spatial pattern of seedling one year after fire in a Mediterranean pine forest. *Oecologia* 91: 365-370.

OCAÑA, L.; SANTOS, I.; CARRILLO, A.; SERRADA, R.; AGUILAR, V.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M.; MADRIGAL, J.; MARINO, E.; VEGA, J.A.; PÉREZ, J.R.; FONTURBEL, T.; FERNÁNDEZ, C.; PUEYO, J.J.; VALLADARES, F. y RINCÓN, A.M. 2007. Propuesta de técnicas a utilizar en la restauración de terrenos afectados por incendios forestales: aplicación al incendio del Rodenal de Guadalajara. Sesión 8 - Técnicas de restauración tras grandes incendios forestales. Actas de Wildfire 2007. Sevilla.

PAUSAS, J.G.; OUADAH, N.; FERRÁN, A.; GIMENO, T.; VALLEJO, R. 2003. Fire severity and seedling stablishment in *Pinus halepensis* woodlands, eastern Iberian Peninsula. *Plant Ecology* 2: 205-213.

TAPIAS, R.; GIL, L. 2000. Adaptación reproductiva de las especies forestales ante el fuego. En: VÉLEZ, R. coordinador. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Madrid: McGraw Hill; 4.36-4.66.