
MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN FORESTAL POSTINCENDIO

**Como mitigar o evitar los impactos
negativos de la corta de recuperación
en los bosques mediterráneos**

proyecto
Anifog

Poblaciones animales ante
incendios forestales y ges-
tión postincendio

Universitat
de Girona

Realización y diseño:

Eduard Mauri

Concepción:

Pere Pons y Eduard Mauri

Revisión:

José A. Alloza, Josep M. Bas,
Francesc Còrdoba, Marc Franch,
Eduard Piera, Pere Pons, Josep Rost,
Xavier Santos i Àngels Xabadia

Revisión y corrección lingüística:

Servei de Llengües Modernes
Universitat de Girona

Maquetación:

Víctor García Tur

Postedición:

Marc Franch

Segunda edición:

octubre de 2019

ISBN 978-84-8458-563-3

Proyecto *Anifog*, Departamento de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universitat de Girona

<http://anifog.wix.com/anifog>

Financiado por:

Proyecto I+D+i CGL2014-54094-R

Cita recomendada:

Mauri, E. & Pons, P. 2019. Manual de buenas prácticas para la gestión forestal postincendio. 2a ed., Proyecto Anifog I+D+i CGL2014-54094-R, Universitat de Girona. 169.

Disponible en:

anifog.wix.com/anifog

Preámbulo	5
FUNDAMENTOS PARA LA GESTIÓN FORESTAL POSTINCENDIO	10
o. Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje	11
o.1 Evaluación del estado después de un incendio.....	11
o.2 La retención de madera quemada como medida de mitigación	14
o.3 zonas de conservación de árboles de pie.....	19
1. Regeneración de la cubierta vegetal	22
1.0 Condiciones generales.....	22
1.1 Pinos serótinos.....	23
1.2 Pinos no serótinos.....	26
1.3 Encinas y robles (excepto alcornoques).....	27
1.4 Alcornoques	27
1.5 Vegetación de sotobosque	29
1.6 Conversión de áreas arboladas en medios abiertos	29
2. Reducción de la erosión del suelo	32
2.0 Condiciones generales	32
3. Conservación de la fertilidad del suelo	36
3.0 Condiciones generales.....	36
3.1 Plantaciones de eucaliptos.....	38
4. Conservación de la fauna invertebrada	39
4.1 Invertebrados del suelo y de la superficie	39
4.2 Invertebrados saproxílicos y control de los insectos perforadores	40
5. Conservación de la fauna vertebrada	43
5.0. Condiciones generales: aves, mamíferos y herpetofauna	43
6. Reducción del riesgo de incendio posterior	46
6.0 Condiciones generales	46
7. Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera	49
7.1 Bosques de ribera y cursos de agua.....	49
7.2 Dispositivos de control de la erosión.....	51
HERRAMIENTA PARA LA SELECCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES	53

FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN FORESTAL POSTINCENDIO ... 59

1. Regeneración de la cubierta vegetal.....	61
1.0 Condiciones generales.....	61
1.1 Pinos serótinos.....	67
1.2 Pinos no seróticos.....	72
1.3 Encinas y robles (excepto alcornoques).....	75
1.4 Alcornoques	78
1.5 Vegetación de sotobosque	82
1.6 Conversión de áreas arboladas en medios abiertos.....	86
2. Reducción de la erosión del suelo.....	92
2.0 Condiciones generales.....	92
2.1 Pinares.....	98
2.2 Plantaciones de eucaliptos	100
3. Conservación de la fertilidad del suelo.....	103
3.0 Condiciones generales.....	103
3.1 Plantaciones de eucaliptos	109
4. Conservación de la fauna invertebrada.....	112
4.1 Invertebrados del suelo y de la superficie	112
4.2 Invertebrados saproxílicos y control de insectos perforadores.....	117
5. Conservación de la fauna vertebrada.....	122
5.1 Aves	122
5.2 Mamíferos.....	126
5.3 Herpetofauna	130
6. Reducción del riesgo de incendio posterior.....	133
6.0 Condiciones generales	133
7. Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera	138
7.1 Bosques de ribera y cursos d agua	138
7.2 Dispositivos de control de la erosión	143
Glosario.....	146
Bibliografía	148

PREÁMBULO

Desde el inicio de la década de 2010 se observa en Europa un incremento de la recolección de madera con finalidades energéticas (fuentes: [Eurostat](#) y [RuralCat](#)). Una de las fuentes de esta madera son los árboles quemados por incendios forestales, mediante las llamadas cortas de recuperación. En Europa y en Norteamérica, estas cortas se practican en la gran mayoría de casos entre pocos meses y un año después del incendio y se corta el 90 % (media) de la madera quemada.⁸⁰ Anteriormente, de estos árboles solo se aprovechaban los troncos que podían ser destinados a madera de sierra, dejando las ramas y los pies más pequeños y mal formados en la zona incendiada. Actualmente, con el aumento de la demanda de biocombustibles, se tiende cada vez más hacia un aprovechamiento por árbol completo, con lo que se valoriza prácticamente la totalidad de la biomasa aérea del arbolado quemado. Esta extracción masiva de biomasa de un ecosistema recientemente perturbado puede crear una sinergia de impactos sobre el medio y sus seres vivos sobre los que todavía existen muchos interrogantes. Así, aunque los efectos de las cortas de recuperación hayan sido más estudiados después de incendios que después de epidemias de insectos o

de vendavales, a escala mundial la mayoría de los estudios han investigado los efectos sobre la cubierta vegetal, la regeneración, la madera muerta y las características físicas del suelo. Menos abundantes son los estudios sobre los efectos sobre las especies invasoras, el ciclo del carbono y de otros nutrientes, la química del suelo, el régimen hídrico o los hábitats fluviales y de ribera. Además, muchos de estos experimentos solo comparan una única modalidad de corta contra espacios sin corta, en vez de comparar los impactos de un abanico de prácticas.⁸⁰ Esto último implica que sea complicado proponer un gradiente de prácticas en función de su menor o mayor impacto.

Este **manual de buenas prácticas para la gestión forestal postincendio** pretende guiar a los gestores y trabajadores forestales para mitigar o evitar los impactos negativos de la corta de recuperación y potenciar la resiliencia que presentan naturalmente los ecosistemas forestales de la cuenca mediterránea frente a los incendios.

La principal fuente de información para re-

.....

dactar el manual han sido 172 referencias bibliográficas, mayoritariamente artículos científicos, monografías y estudios realizados en la cuenca mediterránea. En especial, se han consultado las bases de datos de Web of Science y las ponencias del Congreso Forestal Español. El manual ha sido revisado por expertos en diferentes materias, procedentes de centros de investigación y académicos, de administraciones públicas estatales, autonómicas y provinciales, de organizaciones de propietarios forestales y de empresas privadas.

Las recomendaciones que se recogen a continuación están pensadas para ser aplicadas a los trabajos forestales ejecutados en bosques quemados donde se practica el aprovechamiento maderero. Cubren las actuaciones postincendio **inmediatas** (0 de estabilización y de emergencia, justo después del fuego y dentro del primer año después del incendio) y a **corto plazo** (0 de rehabilitación, de 1 a 3 años después del fuego), que son el periodo durante el cual se realiza el aprovechamiento. Estas recomendaciones abordan la regeneración de la cubierta vegetal, la reducción de la erosión y de la escorrentía, la conservación de la fertilidad del suelo, la conservación de la fauna (vertebrada e invertebrada), la reducción del riesgo de incendio posterior y la conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera. Las recomendaciones no tratan las actuaciones de restauración a medio plazo, como la recuperación de la productividad, la reducción de la combustibilidad, la mejora de la calidad del ecosistema maduro o la recuperación de la resiliencia, excepto aquellas actuaciones que se puedan aplicar a corto plazo durante la cosecha de la madera o justo después de esta, aprovechando la presencia de trabajadores y de maquinaria en el bosque.

Las **8 fichas** se dividen en temas, que son los principales elementos del medio que pueden recibir un impacto debido a la corta de recuperación. Las fichas constan de **dos partes**: primero, un texto introductorio sobre los **Fundamentos para la gestión forestal postincendio** (p. 10) sobre los que se basan las recomendaciones y, a continuación, las **Fichas de buenas prácticas para la gestión forestal postincendio** (p. 64), que recogen las recomendaciones que se pueden llevar a cabo a escala de rodal y de finca durante la corta de recuperación. Estas dos partes han sido pensadas para una lectura independiente. Para facilitar la relación entre las dos partes (textos introductorios y fichas de buenas prácticas) cada tema está representado por un color. Así, si al lector le interesa conocer las implicaciones ecológicas de los incendios y de las cortas de recuperación podrá centrar su lectura en los textos introductorios, pero si busca como disminuir los impactos negativos de los trabajos forestales postincendio deberá dirigirse a las fichas de buenas prácticas.

Las fichas están identificadas por números, del 0 al 7, según los elementos del medio implicados. Una excepción a la división de las fichas en dos partes es la ficha 0, sobre la “Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje”, donde los fundamentos y las recomendaciones para la totalidad de la zona quemada se presentan conjuntamente. Los **8 temas** de las fichas son:

0. Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje
1. Regeneración de la cubierta vegetal
2. Reducción de la erosión del suelo
3. Conservación de la fertilidad del suelo
4. Conservación de la fauna invertebrada
5. Conservación de la fauna vertebrada

-
6. Reducción del riesgo de incendio posterior
 7. Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera

Estos temas se dividen en secciones más precisas identificadas con una segunda cifra (por ejemplo, según las especies arbóreas dominantes). Cuando la sección se refiere a las condiciones generales del tema, esta cifra es 0.

Para cada uno de esos 7 elementos del medio, se recogen **12 grupos de recomendaciones para los trabajos forestales** en relación con la corta de recuperación, con otros trabajos subsiguientes y con condiciones que los afectan (como la meteorología o la pendiente). Estos trabajos están ordenados cronológicamente: corta, desembosque, preparación del terreno, etc. Las recomendaciones están identificadas con una letra, de la *a* hasta la *l*:

- a. Sistema de aprovechamiento por árbol completo
- b. Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada
- c. Sin aprovechamiento
- d. Momento oportuno de la corta
- e. Localización de la corta
- f. Intensidad de la corta
- g. Desembosque
- h. Preparación del terreno
- i. Meteorología
- j. Pendiente
- k. Trabajos específicos
- l. Aprovechamientos silvopastorales

Las fichas de buenas prácticas han sido pensadas para una **lectura modular** (a modo de con-

sulta puntual según los intereses o los objetivos del lector). Para que resulte fácil navegar por las fichas, todas tienen la misma estructura: los 12 grupos de recomendaciones.

La TABLA I muestra las fichas de buenas prácticas para las que se ha encontrado información para elaborar recomendaciones de gestión postincendio. Así, por ejemplo, la recomendación 1.2 d hace referencia al momento oportuno de la corta de recuperación que permite favorecer o reducir los impactos sobre la regeneración de la cubierta vegetal cuando esta está compuesta por pinos no serótinos (antes del incendio).

Para orientar al gestor hacia las recomendaciones para la gestión forestal postincendio que sean pertinentes en su caso se recomienda que se consulte la **Herramienta para la selección de las recomendaciones** (p. 54), que se divide en cuatro grandes objetivos para la zona incendiada y considera tanto los medios disponibles para la realización de los trabajos como las condiciones del ecosistema después del incendio.

Finalmente, el equipo de redacción ha creído oportuno fundamentar las recomendaciones en evidencias de estudios y en conocimientos de profesionales y especialistas, sin tener en cuenta la **normativa legal** de un territorio determinado, puesto que las fichas son aplicables a la gran mayoría de ecosistemas arbolados de la cuenca mediterránea.

TABLA 1.

Códigos de las recomendaciones de las fichas de buenas prácticas para la gestión forestal post-incendio

Elementos del MEDIO (o temas)	Secciones
Regeneración de la cubierta vegetal	General
	Pinos serótinos
	Pinos no serótinos
	Encinas y robles
	Alcornoques
	Vegetación de sotobosque
	Conversión a medios abiertos
Reducción de la erosión del suelo	General
	Pinares
	Eucaliptos
Conservación de la fertilidad del suelo	General
	Eucaliptos
Conservación de la fauna invertebrada	Del suelo y la superficie
	Saproxílicos y perforadores
Conservación de la fauna vertebrada	Aves
	Mamíferos
	Herpetofauna
Reducción del riesgo de incendio	General
Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera	Bosques de ribera y cursos de agua
	Dispositivos de control de erosión

	Sistema aprovechamiento árbol completo	Sistema aprovechamiento tronco completo/troceado	Sin aprovechamiento	Momento oportuno de la corta	Localización de la corta	Intensidad de la corta	Desembosque	Preparación del terreno	Meteorología	Pendiente	Trabajos específicos	Aprovechamientos silvopastorales
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
1.0	1.0 a	1.0 b	1.0 c	1.0 d	1.0 e	-	1.0 g	1.0 h	-	-	1.0 k	1.0 l
1.1	1.1 a	1.1 b	1.1 c	1.1 d	G	-	G	1.1 h	-	-	1.1 k	1.1 l
1.2	1.2 a	G	G	1.2 d	G	-	G	1.2 h	-	-	1.2 k	1.2 l
1.3	1.3 a	1.3 b	1.3 c	G	1.3 e	-	G	1.3 h	-	-	1.3 k	1.3 l
1.4	1.4 a	1.4 b	1.4 c	1.4 d	1.4 e	-	1.4 g	1.4 h	-	-	1.4 k	1.4 l
1.5	G	G	G	G	G	-	G	G	-	-	1.5 k	G
1.6	1.6 a	1.6 b	1.6 c	1.6 d	1.6 e	1.6 f	1.6 g	1.6 h	-	-	1.6 k	1.6 l
2.0	2.0 a	2.0 b	2.0 c	2.0 d	2.0 e	2.0 f	2.0 g	2.0 h	2.0 i	2.0 j	2.0 k	2.0 l
2.1	G	G	G	2.1 d	G	G	G	2.1 h	G	G	G	G
2.2	G	G	G	G	G	G	G	2.2 h	G	G	2.2 k	G
3.0	3.0 a	3.0 b	3.0 c	3.0 d	3.0 e	3.0 f	3.0 g	3.0 h	3.0 i	-	-	3.0 l
3.1	G	G	G	G	G	G	G	3.1 h	G	-	3.1 k	G
4.1	4.1 a	4.1 b	4.1 c	4.1 d	4.1 e	4.1 f	-	4.1 h	-	-	4.1 k	4.1 l
4.2	4.2 a	4.2 b	4.2 c	-	4.2 e	4.2 f	-	-	-	-	4.2 k	-
5.1	5.1 a	5.1 b	5.1 c	-	5.1 e	5.1 f	-	-	-	-	5.1 k	5.1 l
5.2	5.2 a	5.2 b	5.2 c	-	5.2 e	-	-	-	-	-	-	-
5.3	5.3 a	5.3 b	5.3 c	-	5.3 e	-	-	-	-	-	5.3 k	-
6.0	6.0 a	6.0 b	6.0 c	-	6.0 e	6.0 f	-	6.0 h	-	-	6.0 k	6.0 l
7.1	7.1 a	7.1 b	7.1 c	7.1 d	7.1 e	7.1 f	7.1 g	7.1 h	7.1 i	7.1 j	7.1 k	7.1 l
7.2	7.2 a	7.2 b	7.2 c	7.2 d	7.2 e	7.2 f	-	7.2 h	7.2 i	7.2 j	7.2 k	-

[G] indica situaciones para las que no se han encontrado recomendaciones específicas y son aplicables las recomendaciones de la sección "General" de aquel tema.

[-] indica situaciones para las que no se han encontrado recomendaciones específicas.

FUNDAMENTOS PARA LA GESTIÓN FORESTAL POSTINCENDIO

En esta sección se presentan los impactos ecológicos de los incendios forestales y de las cortas de recuperación sobre los ocho principales elementos de los bosques. Para facilitar la relación entre las dos partes de las fichas (los textos sobre los fundamentos y las fichas de buenas prácticas), ambas llevan los mismos nombres y están representadas por los mismos colores:

o. Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje	5
1. Regeneración de la cubierta vegetal	13
2. Reducción de la erosión del suelo	19
3. Conservación de la fertilidad del suelo	21
4. Conservación de la fauna invertebrada	23
5. Conservación de la fauna vertebrada	25
6. Reducción del riesgo de incendio posterior	27
7. Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera	29

Una excepción es la ficha o, sobre la “Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje”, en la que se recogen tanto los fundamentos como las recomendaciones para la totalidad de la zona quemada.

Los objetivos de esta sección son: (1) mejorar la comprensión de lo que sucede durante y después de un incendio forestal y (2) apoyar las recomendaciones de buenas prácticas.

0. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN FORESTALES POSTINCENDIO A ESCALA DE PAISAJE

Objetivo: mitigar o evitar los impactos negativos a gran escala causados por las cortas de recuperación

0.1 Evaluación del estado después de un incendio

En la cuenca mediterránea, tradicionalmente la gestión de las áreas forestales quemadas ha consistido a menudo en su reforestación o forestación completa mediante la plantación de pinos,⁹⁸ con aprovechamiento de los troncos quemados si estos eran rentables. Hoy en día, el aumento del consumo de biomasa forestal con finalidades energéticas (en forma de astilla o de pellet) está propiciando el aprovechamiento por árbol completo en grandes superficies quemadas, habitualmente con pocas medidas de restauración y con los trabajos forestales iniciándose al poco del incendio. No obstante, dependiendo de las condiciones locales, estas no son siempre las mejores prácticas. Pensando en las cortas de recuperación después de un incendio, los gestores forestales y las partes interesadas tienen que afrontar una cuestión clave: ¿cuáles son los objetivos de esta actuación? La respuesta a esta pregunta depende de dos elementos: los objetivos previamente definidos para el área forestal quemada y la capacidad de predecir cómo reaccionará el ecosistema afectado por el fuego.⁹⁸

En primer lugar, un incendio forestal no tendría que ser un motivo para ir en contra de los objetivos que previamente habían sido fijados para un monte o para un territorio.⁸¹ Sin embargo, la transformación del ecosistema causada por el fuego puede ser una oportunidad que facilite la conversión del medio hacia formaciones vegetales más resistentes o resilientes al fuego (por ejemplo, la conversión de rodales de pinos no serófitos a planifolios rebrotadores), o el mantenimiento de hábitats raros (por ejemplo, la creación de herbazales o matorrales en regiones con excesiva continuidad forestal). El conjunto de objetivos, escogidos por el propietario de los bosques (público o privado) pero también por la sociedad, sobrepasa los límites de la tenencia y del área afectada por el incendio. Por este motivo es necesaria una planificación y una gestión a nivel de paisaje, que rebase el límite de las fincas y del área quemada.

En segundo lugar, la respuesta del ecosistema al fuego depende en gran medida de su vulnerabilidad ecológica y de la severidad del incendio.

Es necesario, pues, evaluar la capacidad del área quemada a soportar una corta de recuperación y modularla para no comprometer la sostenibilidad del medio. Debido a la heterogeneidad de los incendios y del propio medio, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente¹ propone un marco estandarizado para la evaluación urgente de la vulnerabilidad del medio y de la severidad del incendio mediante un muestreo del área quemada lo más rápido posible después del fuego y siempre antes de las lluvias de otoño.

El **muestreo es sistemático**, con puntos de muestreo de 20 m de radio y escogidos aleatoriamente a partir de una malla cuadrangular superpuesta a la zona del incendio, con el fin de limitar la subjetividad (TABLA 2). Si el relieve lo permite, se pueden añadir observaciones hechas desde puntos elevados accesibles que permitan tener una visión más general del área quemada.

TABLA 2. Recomendación de la densidad de la malla y del número de puntos de muestreo, en función de la extensión del incendio, para zonas de escasa accesibilidad

Superficie del incendio (ha)	100	500	1.000	2.500	5.000	7.500	10.000
Nº de puntos de la malla	50	100	150	300	500	600	650
Nº de puntos de muestreo	6-15		25-50			>50	

Fuente: Alloza, J. A., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, R., Rojo, L. & Martínez, A. 2014. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. 1ª ed., Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

En los puntos de muestreo se evaluarán la vulnerabilidad y la severidad del incendio, tanto para el suelo como para la vegetación (TABLA 3). También deberá indicarse cualquier afectación singular que ayude a la evaluación.

Con los datos del muestreo se podrán cartografiar zonas homogéneas, donde la vulnerabilidad y la severidad son uniformes para cada característica postincendio del medio. Para cada una de estas características se presentan, en una o más fichas (columna de la derecha de la TABLA 3), recomendaciones de buenas prácticas que permiten proteger, mitigar o restaurar los problemas que se puedan derivar del incendio. Para una característica concreta, si la vulnerabilidad o la severidad son elevadas, es importante aplicar las recomendaciones más estrictas de la ficha,

mientras que si la vulnerabilidad o la severidad son bajas se podrá proceder a unos trabajos forestales con unas medidas de protección, de mitigación o restauración menos rigurosas. Si dos características postincendio del medio presentan grados diferentes de vulnerabilidad o de severidad, por precaución se sugiere aplicar la recomendación más estricta de la ficha.

La severidad del incendio o el grado de perturbación causado por el fuego en el suelo y en la vegetación se pueden evaluar y cartografiar combinando el muestreo en el campo, la cartografía ya existente y el uso de imágenes multiespectrales tomadas por satélite, sobre todo para los incendios de mayor superficie. Todavía no existe un procedimiento automatizado para esta tarea.¹⁵⁹

TABLA 3. Evaluación de la vulnerabilidad y de la severidad del incendio en los puntos de muestreo.

Características postincendio del MEDIO		Grado de vulnerabilidad y de severidad			Fichas con recomendaciones de buenas prácticas	
		Bajo	Medio	Alto		
VULNERABILIDAD	Pendiente	< 15 %	15-30 %	> 30 %	2. Erosión del suelo 7. Hábitats fluviales	
	Suelo	Litología ^a	Tipo I	Tipo II	Tipo III	2. Erosión del suelo
		Síntomas previos de erosión	Grado de erosión Estado de los bancales	Ausente/leve Buen estado	Moderado Derrumbe parcial	Severo Derrumbe generalizado
	Protección del suelo	Grado de encostramiento ^b	Ausente/leve	Moderado	Severo	
		% de suelo desnudo	< 30 %	30-60 %	> 60 %	2. Erosión del suelo 3. Fertilidad 7. Hábitats fluviales
	Capacidad de respuesta	Grosor de la capa de hojarasca	> 3 cm	1-3 cm	< 1 cm	
		FCC del bosque maduro	> 60 %	30-60 %	< 30 %	1. Regeneración de la cubierta 5. Vertebrados
	Vegetación	Recubrimiento del matorral rebrotador	> 60 %	30-60 %	< 30 %	
		Recubrimiento de herbáceas rebrotadoras	> 60 %	30-60 %	< 30 %	
	Recurrencia de los incendios en los últimos 20 años	0	I	> I	1. Regeneración de la cubierta	
Daños por plagas	Ausente/leve	Moderado	Severo	4. Invertebrados		
Afectación de la hojarasca	Intacta	Quemada parcialmente	Consumida	1. Regeneración de la cubierta 3. Fertilidad		
SEVERIDAD	Suelo	Presencia de cenizas blancas	Ausentes	Puntuales	Generalizadas	1. Regeneración de la cubierta 3. Fertilidad
		Arbolado	> 50 % de la copa verde	> 50 % de las hojas secas	Copas consumidas	1. Regeneración de la cubierta 5. Vertebrados
	Vegetación	Matorral	Hojas verdes	Ramas finas consumidas	Ramas gruesas consumidas	1. Regeneración de la cubierta 5. Vertebrados
				Quemada parcialmente	Consumida	1. Regeneración de la cubierta 5. Vertebrados
	Herbáceas	Restos verdes	parcialmente	Consumida	1. Regeneración de la cubierta 5. Vertebrados	

^a Tipo I: caliza, dolomía, caliza con dolomía o con calcarenita, caliza y arenisca; tipo II: caliza margosa, calcarenita, caliza tobácea, conglomerado, conglomerado y arcilla, caliza y marga, flysch, calcarenita y marga, dolomía y marga, arenisca, pizarra, esquisto y cuarcita; tipo III: granito, conglomerado con arcilla, arena, arcilla, arcilla con arena, yeso, marga, arcilla con marga o con limo.

^b Estimable a través del grosor de la costra y de su consistencia cuando está seca: los encostramientos leves suelen presentar menos de 2 mm de grosor y se rompen fácilmente, los moderados suelen presentar 2-5 mm y los severos más de 5 mm y son muy duros.

Fuente: modificada de Alloza, J. A., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, R., Rojo, L. & Martínez, A. 2014. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. 1a ed., Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

0.2 La retención de madera quemada como medida de mitigación

La principal medida disponible para reducir los impactos de las cortas de recuperación es la conservación de árboles quemados en pie. Esta **retención de madera quemada** tiene que responder a diferentes objetivos y no debe ser solo una consideración de motivos comerciales. Se dispone de muy poca información sobre cuáles son las cantidades mínimas de madera quemada que se tendrían que conservar en el momento de realizar una corta de recuperación. Esta retención de madera se puede expresar en función de la biomasa por unidad de superficie o en función de la proporción de la superficie quemada arbolada excluida de la corta.

Para guiar al gestor sobre la **cantidad** de madera quemada que debería retenerse según diferentes objetivos, en el oeste de los Estados Unidos se han fijado baremos para los bosques maduros del interior¹⁷ (TABLA 4). Estos datos no pueden ser trasladados a los bosques mediterráneos por las diferencias en la composición, la estructura y la dinámica. No obstante, en bosques mediterráneos de los Apeninos, después de 35 a 50 años sin trabajos forestales, se encuentran entre 7 y 60 toneladas/ha de madera muerta de grandes dimensiones,⁸³ intervalo similar al propuesto en la TABLA 4. Es importante dejar una parte de la madera quemada después de un incendio, puesto que pasarán muchos años antes de que el bosque haya crecido y envejecido lo suficiente para que pueda volver a generar un volumen considerable de madera de estas características.

TABLA 4. Intervalos óptimos de madera quemada (de más de 7,5 cm de diámetro) a retener después del incendio

Objetivos	Bosques de zonas secas y cálidas		Bosques de zonas frescas y de montaña	
	Mínimo (t/ha)	Máximo (t/ha)	Mínimo (t/ha)	Máximo (t/ha)
Controlar el riesgo de incendio posterior	0	56	0	67
Prevenir el calor transmitido al suelo en caso de incendio posterior	0	78	0	90
Mantener la productividad del bosque	11	22	22	56
Conservar la biodiversidad	6	67	11	67
Conservar los valores históricos de la madera muerta	11	22	22	60
Cantidad global recomendada	11	45	22	67

Fuente: modificada de Brown, J. K., Reinhardt, E. D. & Kramer, K. A. 2003. Coarse woody debris: managing benefits and fire hazard in the recovering forest. General technical report RMRS-GTR-105, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.¹⁶

Existen muy pocos estudios sobre la **calidad** de la madera quemada en los ecosistemas mediterráneos, y aún menos sobre su **descomposición**. El estudio más importante se realizó en Sierra Nevada (Andalucía) en plantaciones de pino marítimo (a baja altitud, unos 1.500 m), de pino salgareño (en altitudes intermedias) y de pino silvestre (en altitudes elevadas, unos 2.000 m). Diez años después del incendio, los troncos (de entre 5 y 25 cm de diámetro) habían perdido de media un 23 % de su masa; los de pino silvestre fueron los que menos perdieron (un 11 %) y los de pino salgareño, los que más (un 32 %). Contrariamente a estudios en otros climas, los troncos de mayor diámetro se descompusieron más rápidamente que los más delgados. La causa puede ser la menor relación superficie-volumen de los troncos más gruesos, lo que permite una mayor conservación de la humedad en la madera y, por consiguiente, una mayor proliferación de organismos descomponedores. Esta diversidad en la velocidad de descomposición contribuye a la diversidad espacio-temporal de la calidad de la madera quemada.⁹⁷

Otra manera de medir la retención de madera quemada es la **superficie** del incendio que se conserva sin cortar. Para los bosques boreales del este del Canadá, un comité de expertos en aprovechamiento de los bosques quemados sugiere conservar sin cortar entre el 15 y el 30 % de la superficie quemada arbolada, a nivel regional, de forma que la débil retención de madera quemada en un incendio pueda ser compensada por una retención más elevada en otro incendio de la misma región.¹⁰⁰ La evaluación se propone sobre un periodo de 5 años. Esta flexibilidad no exime de que en cada incendio se retengan árboles en pie en lugares ecológicamente sensibles, como franjas adyacentes a los cursos de agua y zonas vulnerables a la

erosión, y que se conserven árboles quemados dispersos dentro de los parches de vegetación no quemada.

Conservar los árboles muertos en pie agrupados proporciona más ventajas que conservarlos dispersos. Estas agrupaciones o franjas pueden cubrir zonas donde el suelo es más vulnerable, suavizar el ecotono entre el bosque no quemado y el ramo de corta, o capturar los sedimentos que la escorrentía transporta desde la zona quemada hacia los cursos de agua. Dejar algunos árboles dispersos en el tramo de corta permitirá conservar una cierta heterogeneidad en el paisaje. Como regla general, se propone que, del total de árboles muertos en pie sin talar, entre el 90 y el 95 % se conserven agrupados, localizándolos según las recomendaciones de las fichas de buenas prácticas, y entre el 5 y el 10 % se mantengan aislados (dispersos en el tramo de corta).

Para una información más detallada sobre la distribución de la madera quemada sin aprovechamiento dentro del perímetro del incendio, consultar el CUADRO I y la sección “0.3 Zonas de conservación de árboles en pie”.



CUADRO 1. Disponibilidad de la biomasa según el sistema de aprovechamiento

El sistema de aprovechamiento tiene un gran impacto en las posibilidades de uso de la madera muerta quemada. El aprovechamiento por tronco completo es más flexible, puesto que permite disponer separadamente de las ramas y del tronco, y deja más materia orgánica (las ramas y las copas) en el tramo de corta. En los bosques mediterráneos la biomasa de las ramas representa, aproximadamente, una quinta parte de la biomasa aérea de un árbol (excluyendo las hojas, puesto que se considera que se queman en el incendio).²⁵ Dicho de otro modo, la biomasa de un árbol entero quemado equivale a la biomasa del ramaje de cinco árboles quemados. Así, en el tramo de corta (excluyendo las superficies de árboles quemados en pie agrupados y los árboles quemados en pie aislados), un aprovechamiento por árbol completo que dejara un árbol de cada cinco conservaría la misma

biomasa que el mismo tramo aprovechado por tronco completo (siempre y cuando se deje el ramaje in situ).

Sugerimos que, calculando los árboles que se planea talar (excluyendo las superficies de árboles quemados en pie agrupados y los árboles quemados en pie aislados), si el aprovechamiento es por árbol completo se conserve un árbol de cada cinco. En el aprovechamiento por tronco entero no se practicaría esa retención suplementaria, pero se aconseja disponer las ramas en pilas, por las numerosas ventajas que estas implican. En condiciones de pendiente (> 15%) y de suelos vulnerables a la erosión, se aconseja reservar ciertos troncos para la confección de barreras de troncos contra la erosión combinadas con el apilado de las ramas.



FIGURA 1. Pilones multifuncionales (antierosión, retención de biomasa y protección de la biodiversidad) en zonas de pendiente, en mayo de 2017 (a) y febrero de 2018 (b), en un pinar de pino piñonero con alcornuques incendiado en julio de 2016. **Imágenes:** P. Pons.

Dado que la distribución de la superficie cortada propuesta es independiente de los límites de tenencia, los propietarios forestales de fincas donde se practicara una retención más elevada de árboles quemados tendrían menos ingresos por la venta de madera quemada que si se recolectara toda la madera posible. Para compensarlo, se propone distribuir los ingresos en función de la superficie arbolada quemada en cada finca, y no en función del volumen aprovechado. Este sistema ya ha sido propuesto o utilizado después de incendios en algunos municipios. Para lograr los objetivos territoriales, el gestor tendrá que planificar la corta de recuperación y otras actividades conexas (como la construcción de dispositivos de control de erosión con madera procedente de esa tala) desde una visión a escala regional,

sin limitarse a la tenencia del territorio.

Independientemente de la vulnerabilidad del ecosistema y de la severidad del incendio, ciertos espacios merecen una atención especial (TABLA 5) y deben considerarse en el contexto de toda el área quemada y del paisaje circundante.^{81,82} Con la recurrencia de los fuegos en la cuenca mediterránea, estas consideraciones ya deberían estar incluidas en los planes territoriales o en los planes de gestión forestal. Las fichas de buenas prácticas proponen acciones concretas para varios objetivos de protección o medidas de mitigación listados en la TABLA 5.

TABLA 5. Objetivos de protección de los valores ecológicos y medidas de mitigación de los impactos de la corta de recuperación de la recuperación

OBJETIVOS	o. Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje	1. Regeneración de la cubierta vegetal	2. Reducción de la erosión del suelo	3. Conservación de la fertilidad del suelo	4. Conservación de la fauna invertebrada	5. Conservación de la vertebrada	6. Reducción del riesgo de incendio posterior	7. Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera
Protección de altos valores ecológicos								
Protección de hábitats especiales: riscos, cuevas, roquedales, hábitats de especies de medios abiertos, construcciones de piedra seca, etc.		×			×	×		×
Protección de rodales forestales (arbolados o no) que son raros por su composición, estructura o poca fragmentación	×	×						×
Protección de lugares de alto interés biológico: ecotonos, fuentes de madera muerta de grandes dimensiones, hábitats para especies raras, ecosistemas raros, etc.	×	×			×	×		×
Protección de ecosistemas acuáticos, de las zonas de ribera, de las cuencas de captación de agua y de los charcas temporales								×
Protección de los corredores regionales y de otras formas de conectividad	×							
Temporización de los aprovechamientos para minimizar los impactos en el medio y en los organismos		×	×	×	×	×		×
Mitigación de los impactos de la corta de recuperación								
Mitigación de los impactos de los sistemas de desembosque y de transporte		×	×	×				×
Desarrollo de objetivos a escala de paisaje para elementos estructurales específicos: densidad de árboles quemados en pie (snags) y de grandes árboles con cavidades, etc.	×	×			×	×	×	×
Consideración de los patrones espaciales y temporales de la corta: agregado/disperso, superficie de las zonas de corta, duración de la corta, etc.	×	×	×	×	×	×	×	×
Restauración y rehabilitación del medio		×	×	×			×	×
Desarrollo o mantenimiento de la silvicultura preventiva de los incendios forestales							×	
Desarrollo de estrategias de gestión para especies concretas: especies raras o amenazadas, especies cinegéticas, especies invasoras, etc.		×			×	×		×

0.3 Zonas de conservación de árboles en pie

Las zonas de conservación de árboles en pie son las superficies, dentro del perímetro del fuego, que se excluyen del aprovechamiento maderero, ya sea por la fragilidad del medio después del incendio o por la multitud de servicios ambientales que estos rodales pueden ofrecer si se conservan los árboles en pie, muertos o vivos. Existen pocos datos sobre la proporción mínima de superficie quemada que habría que conservar sin corta. El comité de expertos sobre el aprovechamiento de los bosques quemados del Quebec¹⁰⁰ recomienda reservar como mínimo el 30 % de la superficie quemada a nivel regional y un 15 % de la superficie quemada en cada incendio. Otros estudios^{22,56,78} aconsejan conservar como mínimo el 10 % de los árboles quemados en un incendio. Según la mitigación de los efectos de la corta o de protección del medio que se persigan, estos pies pueden permanecer dispersos, agrupados o combinando ambas distribuciones, en forma de mosaico.

Según las recomendaciones recogidas, proponemos dividir la superficie dentro del perímetro del incendio en cuatro zonas:

Zona de conservación de 1ª prioridad: Son áreas donde, por la fragilidad del medio después del incendio y por la multitud de servicios ambientales que estas zonas proveen, es primordial conservar los árboles muertos en pie y evitar la circulación de maquinaria y la apertura de nuevos caminos o pistas. Esta zona tendría que cubrir como mínimo un 10 % de la superficie dentro del perímetro del área quemada y respetar los lugares que se detallan en la TABLA 6. Debería respetarse en todos los

incendios, sea cual sea su superficie, por la importancia ecológica de estos lugares.

Zona de conservación de 2ª prioridad: Son áreas de menor fragilidad del medio después del incendio, donde la conservación de los árboles muertos en pie facilitaría la regeneración del ecosistema. Debe evitarse la circulación de maquinaria y la apertura de nuevos caminos o pistas. La superficie de esta zona, sumada a la de primera prioridad, debería cubrir como mínimo un 20 % de la superficie dentro del perímetro del área quemada y debería aplicarse en los incendios de más de 10 ha. Los lugares donde establecer las zonas de conservación de segunda prioridad se detallan en la TABLA 6.

Zona de conservación para la recolonización: Son áreas que tienen como objetivo proporcionar a la fauna y a la flora grandes superficies quemadas sin alteración humana para su supervivencia dentro de la zona del incendio y que sirvan de foco de colonización. En ellas se pueden abrir nuevos caminos o pistas para acceder a los tramos de corta. Aplicable en los incendios de más de 100 ha, la superficie de esta zona, sumada a las dos zonas anteriores, tendría que cubrir como mínimo un 30 % de la superficie dentro del perímetro del área quemada. Su localización se detalla en la TABLA 6.

Zona de corta de recuperación: Corresponde al tramo de corta, es decir, la superficie donde el aprovechamiento de los árboles quemados por el incendio es prioritario, respetando las recomendaciones de las fichas de buenas prácticas. No obstante, se propone una retención de árboles quemados dispersos si el aprovechamiento se hace por árbol completo (TABLA 6).

Con estas cuatro zonas de conservación de árboles en pie dentro del perímetro del incendio se lograría la retención de volúmenes de madera muerta similares a los que contienen los bosques mediterráneos sin aprovechamientos madereros y en evolución natural. Esto favorece la protección y la supervivencia de los invertebrados del suelo y de la superficie, y de los organismos saproxílicos (recomendaciones 4.1 f y 4.2 f). También se favorece así el uso del medio por fauna vertebrada (recomendaciones 5.1 e, 5.2 e y 5.3 e), a pesar de que las fuentes consultadas no especifican superficies mínimas ni localizaciones específicas referentes a

las zonas de conservación de árboles en pie. No obstante, deben evitarse los trabajos forestales durante las épocas de reproducción de las aves y de los mamíferos (recomendaciones 5.1 d y 5.2 d, respectivamente), que acostumbran a coincidir con periodos durante los que las poblaciones de otros grupos de fauna son más vulnerables. Igualmente, habría que esperar 4 meses desde el fin del incendio antes de entrar con maquinaria en la zona quemada, aunque también se aconseja una espera de 8 meses o incluso de un año (recomendaciones 2.0 d y 3.0 d), según la vulnerabilidad del suelo a la erosión y a la pérdida de fertilidad.

TABLA 6. Zonas de conservación de árboles en pie

ZONA	LOCALIZACIÓN Y DIMENSIONES	FICHAS
1a prioridad Aplicar en todos los incendios	Franja de 40 m de anchura a ambos lados de los cursos de agua perennes e intermitentes, y alrededor de zonas húmedas y de estanques temporales	7.1 e, 7.1 k
	Franja de entre 30 y 60 m de anchura en todo el perímetro del incendio, aguas abajo	7.1 e
	Áreas de suelo con una vulnerabilidad a la erosión alta, donde el suelo se ha quemado severamente o donde haya procesos erosivos previos al incendio	2.0 e
	Los parches de vegetación no quemada y los parches de hojarasca sin quemar (que pueden medir solo algunos metros cuadrados), incluyendo los árboles muertos que pueda haber en su interior Si no hay parches de vegetación no quemada, dejar agregados de 0,5 ha o más de árboles quemados sin cortar, o dejar grupos de 10 a 20 árboles en pie	1.0 a, 1.0 b, 1.0 c, 1.2 k, 4.1 e
2a prioridad Aplicar en los incendios > 10 ha ^a	Franja de entre 30 y 60 m de anchura en todo el perímetro del incendio, aguas arriba	7.1 e
	Parches de retención de árboles quemados de como mínimo 50 m x 100 m	4.1 e, 4.2 e
	Retención de los árboles quemados en toda la superficie de las vertientes sur con suelos someros, poco pedregosos y donde las partículas están poco agregadas	1.0 e, 2.0 d, 3.0 e
Conservación para la recolonización Aplicar en los incendios > 100 ha	Parches de retención de como mínimo 200 m x 200 m Estos parches se pueden situar en zonas menos aptas al aprovechamiento (fuerte pendiente, débil densidad de pies o pies de pequeñas dimensiones, acceso difícil, suelos sensibles a la circulación de la maquinaria) o en zonas donde queden incluidos hábitats particulares (riscos, cuevas, etc.)	4.1 e, 4.2 e
Tramo de corta	En el tramo de corta, si el aprovechamiento se hace por árbol completo, conservar en pie y dispersos uno de cada cinco árboles muertos (enteros o con el tronco roto, y que midan más de 2 m de altura en ambos casos) Si el aprovechamiento se hace por tronco completo, dejando las ramas in situ, no es necesario conservar árboles aislados en el tramo de corta (véase el Cuadro 1)	5.1 f

^a Desde la década de 1990 la superficie media de los incendios forestales en los países mediterráneos europeos se sitúa en torno a las 10 ha.

.....

La aplicación de estas zonas de conservación de árboles en pie requiere una gestión global y concertada del área quemada. Una mesa de concertación forestal postincendio puede ser una herramienta adecuada; ya se ha aplicado en algunos incendios en España, especialmente en la Comunidad Valenciana, bajo la responsabilidad de la Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural. Se identifican los problemas comunes, se consideran los retos y las oportunidades locales, se promueven grupos de trabajo que facilitan el intercambio de información (a menudo dispersa) y de conocimiento, se identifican proyectos concretos para la zona afectada y se toman decisiones de forma abierta, flexible y eficaz.³⁰ En ella deberían estar presentes las asociaciones de propietarios forestales, las empresas forestales, los ayuntamientos, los servicios forestales regionales o estatales, personal científico de centros de investigación de los ámbitos forestal o ambiental y otras partes interesadas en la gestión y el uso del territorio, como por ejemplo las asociaciones de cazadores. Los participantes en una mesa de concertación tendrían que decidir el modelo de monte que se quiere para el territorio afectado, así como las medidas a emprender para su restauración y para evitar que un incendio similar vuelva a ocurrir. También podrían delimitar las zonas de conservación de árboles en pie y decidir las compensaciones para los propietarios forestales que voluntariamente cedieran áreas sin aprovechamiento. Para incentivar esta cesión se podrían distribuir los ingresos de la venta de madera en función de la superficie arbolada quemada de cada finca, y no en función del volumen aprovechado. Es importante dotar a las decisiones de esta mesa de financiación, sobre todo si es necesario establecer compensaciones para las fincas donde las restricciones de aprovechamiento acordadas

no proporcionan los beneficios previstos sin estas restricciones.

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

Objetivo: acelerar la regeneración de la cubierta vegetal después de un incendio

1.0 Condiciones generales

Regenerar la cubierta vegetal después de un incendio no solo permite retomar la producción de recursos madereros y no madereros, sino que también reduce la erosión (véase la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”) y la pérdida de nutrientes, salvaguarda el complejo húmico y la propia estructura del suelo (véase la ficha “3. Conservación de la fertilidad del suelo”), recupera las condiciones necesarias para la fauna (véanse las fichas “4. Conservación de la fauna invertebrada” y “5. Conservación de la fauna vertebrada”) y acelera el regreso de los servicios ambientales.^{102,158} En la cuenca mediterránea, grupos distintos de árboles presentan estrategias distintas de resistencia o de resiliencia al fuego. Así, las prácticas más adecuadas para acelerar la regeneración de la cubierta dependen de la composición del rodal quemado según si estaba compuesto mayoritariamente de:

- pinos serótinos (particularmente *Pinus halepensis*, *P. pinaster*, *P. brutia*)
- pinos no serótinos (particularmente *Pinus pinea*, *P. nigra*, *P. sylvestris*)

- árboles del género *Quercus* (excepto *Quercus suber*)
- alcornoques (*Quercus suber*)

También es preciso considerar la aceleración de la recuperación de la cubierta de plantas de sotobosque (arbustos, herbáceas y briófitos), por las ventajas ya mencionadas.

En general, la corta de recuperación puede retrasar la regeneración de la cubierta vegetal. En rodales donde ha habido cortas de recuperación, dos años después del incendio, se observa una menor riqueza de especies vegetales y una menor diversidad, un menor recubrimiento vegetal total y una mayor proporción de especies pioneras, en comparación con rodales sin intervención.^{53,167} El recubrimiento de las especies que se reproducen por semillas es significativamente inferior en los rodales talados que en los no talados.⁷⁸ En caso de dejar los residuos de corta, estos favorecen la regeneración vegetal si se dejan sin triturar ni astillar.⁷⁸ En el clima mediterráneo, caracterizado por un estrés hídrico elevado durante el verano, la conservación

de la madera quemada disminuye entre 1 y 2 °C los extremos de temperatura entre el día y la noche⁴⁷ y favorece una mayor retención de humedad en el suelo,⁵⁶ lo que puede facilitar el establecimiento de una nueva cubierta vegetal.

La recuperación de la cubierta vegetal es más rápida si el rodal presenta especies que rebrotan (rebrotadoras), en comparación con las especies que se reproducen por semilla (germinadoras). Además de crecer más lentamente y ser más sensibles al estrés hídrico (debido a un sistema radicular menos desarrollado), estas últimas están más afectadas por las cortas de recuperación, puesto que su plantío es más vulnerable al pisoteo.⁷⁸

1.1 Pinos serótinis

Estas especies de pino presentan piñas donde los piñones pueden permanecer durante más de un año sin perder la capacidad germinativa y solo serán dispersados cuando se manifiesten ciertas condiciones ambientales, como por ejemplo el calor de un incendio.³⁴ En el caso de las especies aquí tratadas, las altas temperaturas que se producen durante un incendio favorecen la apertura de las piñas serótinis y no dañan la capacidad germinativa de los piñones, que se mantienen protegidos dentro.⁹³ Además, el banco de piñones en el suelo resiste el paso de las llamas,¹⁵⁸ aunque este banco suele ser escaso.⁴⁵

Así, después de un incendio en un pinar de **pino carrasco** maduro, con solo 250 pinos/ha, la abundancia de piñón viable en el banco aéreo es suficiente para asegurar la regeneración del pinar, siempre y cuando las condiciones climáticas sean idóneas, pudiendo soportar un

alto grado de depredación.⁹³ La germinación se produce principalmente durante el otoño y el invierno después del fuego, momento en que se pueden lograr densidades de entre 70.000 y 90.000 plántulas/ha. Durante el segundo otoño después del fuego puede haber una nueva germinación, pero mucho menos abundante.⁹⁴ En el caso del **pino marítimo**, en la periferia de la Península Ibérica la germinación empieza en invierno, y a principios de primavera ya se ha producido el 88 % de ella (a pesar de que se puede retrasar hasta mayo en el centro de la Península), dando lugar a densidades de regenerado de 35.000 plántulas/ha.⁴⁵

Gracias a las piñas serótinis estas especies de pino tienen una alta resiliencia al fuego. Normalmente no presentan problemas de regeneración después de los incendios, excepto cuando se produce un nuevo incendio durante la fase de inmadurez.¹⁵² Esta fase, que dura entre 20 y 30 años, o en los mejores casos solo 15, es el tiempo mínimo necesario para que el regenerado llegue a la madurez y empiece a producir piñas abundantemente.¹⁵⁸ La recurrencia de incendios altera la composición vegetal de los pinares.¹⁵²

Solo algunos estudios han concluido que las cortas de recuperación y la manipulación de los residuos pueden obstaculizar la regeneración de estos pinos. En general, las cortas de recuperación con aprovechamiento por tronco entero y tala manual son compatibles con la regeneración natural postincendio de pinares maduros.⁹ En el caso del **pino marítimo**, en el centro de la Península Ibérica, 10 años después del incendio se observó un 45 % de supervivencia de los brinzales iniciales cuando las cortas de recuperación se hicieron durante el otoño, antes de la germinación, una supervivencia del



FIGURA 2. Pinar de pino carrasco adulto tras su aprovechamiento por árbol entero (a), pinar de pino carrasco joven donde los árboles han sido apeados y troceados, pero sin aprovechamiento (b), lo que permite esparcir la madera quemada sobre el suelo. **Imágenes:** P. Pons y J.M. Bas.

30 % cuando no se realizó ninguna corta, y una supervivencia del 20 % cuando las cortas se hicieron a finales de otoño o en invierno, cuando los piñones ya habían germinado. Aun con la destrucción parcial del regenerado, la densidad de brinzales que sobrevive es lo bastante elevada como para constituir un rodal de más de 2.000 pies/ha 10 años después del incendio.¹⁹ Es más, la disminución de la densidad de brinzales causada por la maquinaria puede retrasar la aparición de la competición intraespecífica en el regenerado de pino marítimo.^{19,152} Aun así, la severidad del incendio, unas bajas proporciones de piñas serótinas y unas condiciones de estrés hídrico pueden limitar

el establecimiento de plántulas de **pino marítimo**. Parece que estos tres factores tienen más influencia sobre la regeneración postincendio de un rodal de pino marítimo que la presencia o no de cortas de recuperación.¹⁹ En cambio, cuando el aprovechamiento se hace después de un segundo incendio, sí se ha demostrado la existencia de efectos negativos de la corta de recuperación, por sinergia con los efectos del fuego, sobre el regenerado de pino marítimo (pero efectos positivos sobre la recuperación de los arbustos rebrotadores).¹⁵¹ El mismo estudio observa efectos positivos en la regeneración y efectos negativos en la proliferación de los arbustos rebrotadores si el aprovechamiento se



hace por tronco entero y se dejan los residuos de la corta esparcidos por el tramo de corta. El **pino carrasco** presenta siempre una alta proporción de piñas serótinas, mientras que en el pino marítimo esta proporción es variable entre zonas geográficas e incluso entre rodales.¹⁵⁸

En lo que se refiere a la severidad del incendio, algunos estudios observan que una alta severidad del fuego en el suelo facilita el establecimiento de regenerado de **pino marítimo** y permite una mayor densidad,¹⁶⁰ mientras que otros indican lo contrario.¹⁵⁸ En ciertos casos se ha observado que la severidad del fuego afecta negativamente a la densidad del regenerado, pero positivamente su supervivencia 10 años después del incendio.¹⁹ En el caso del **pino carrasco**, la severidad del incendio no influye en la densidad del plantío, pero en casos de alta severidad del fuego se ha observado que la mortalidad del regenerado era inferior y su crecimiento superior, comparados con los fuegos de baja intensidad.¹¹² Si la regeneración es escasa (si el otoño siguiente al incendio es muy seco) o llega un nuevo incendio antes de poder pro-

ducir piñas, la zona se transforma fácilmente en un herbazal, en un matorral o en un bosque de rebrotadoras. No obstante, en las masas mixtas de pino carrasco con encinas o robles, si la regeneración del pino es buena, esta especie coloniza la zona rápidamente y las rebrotadoras quedan restringidas al sotobosque.⁴

En los bosques de **pino carrasco** de Sierra Nevada (Andalucía) se ha observado que, tanto si en la corta de recuperación hay aprovechamiento por tronco entero como si los restos quemados se astillan todos y se esparcen, se siguen observando impactos negativos en comparación a la no intervención. Dos años después de la corta, a partir de imágenes tomadas por satélite, en los lugares sin intervención la vegetación era un 10 % más verde y la temperatura de la superficie del suelo en primavera y en verano era 1 °C inferior. En cambio, no había diferencias entre las dos modalidades de corta.¹⁶⁷ De manera similar, en rodales de **pino marítimo** en el centro de la Península Ibérica (Castilla-La Mancha), se ha observado que la presencia de madera quemada en pie favorece significativamente el diámetro

.....

y la altura de los brinzales 10 años después de su germinación, así como una mayor densidad de regenerado en las posiciones bajas de las laderas y en los lugares con un mayor grosor de hojarasca después del fuego.¹⁹ Junto con la retención de madera, aunque solo se retengan los pies con poco o nulo valor comercial para sierra, retrasar la corta de recuperación también aumenta la supervivencia de los nuevos brinzales. Finalmente, los brinzales que crecen a la sombra de arbustos presentan menos biomasa, pero más elongación.¹⁵²

1.2 Pinos no serótinicos

Los individuos adultos de estas especies de pino son resistentes a los incendios de superficie, incluso intensos, gracias a su corteza gruesa y a la discontinuidad entre la vegetación de sotobosque y su copa. Sin embargo, la supervivencia de los adultos no conduce necesariamente al establecimiento de un regenerado abundante. Por el contrario, después de un fuego de copas, estas especies no tienen mecanismos para contrarrestar los efectos del fuego, y cuando mueren su regeneración resulta comprometida.¹²³ Así, con muy pocas posibilidades de regeneración de la misma especie, la corta de recuperación no dañará las plántulas de pino, pero si no se restauran estas especies mediante una plantación, se producirá un cambio de comunidad vegetal hacia herbazal, matorral o monte cerrado de robles y encinas (cuando estas especies están presentes en el rodal).¹²³

El **pino salgareño** y el **pino silvestre** dispersan los piñones de marzo a junio. Así, durante los fuegos de verano, las piñas que se queman ya están vacías y no hay liberación de piñones después del fuego. Además, los piñones caídos

en primavera ya han germinado (a finales de primavera) y mueren con el fuego. Los pocos piñones que permanecen en tierra sin germinar no pueden resistir las temperaturas del fuego.¹²³

En el caso del **pino piñonero**, las piñas no se abren hasta el otoño y algunos piñones pueden sobrevivir a los fuegos de verano, pero pocos. Los piñones sufren una fuerte depredación, y las plántulas que nacen tienen mucha mortalidad y no conducen a un reemplazo de la masa.¹²³

Todo ello hace que, generalmente, se realice una corta de recuperación en esos rodales de 3 a 6 meses después del fuego, seguida de una plantación o sembrado durante los 3 años después del incendio si se quiere regenerar las mismas especies.¹²³

La regeneración de pinos no serótinicos solo es posible a partir de los árboles que han sobrevivido al incendio, en parches de vegetación no quemada (entre el 10 y el 15 % de la superficie afectada por el fuego, en los grandes incendios en el centro de Cataluña),¹³¹ como árboles aislados o en los bordes de los rodales no quemados. No obstante, sus piñones tienen una corta distancia de dispersión (de 15 a 20 m en el caso del pino piñonero y menos de 50 m en las otras dos especies) y una alta depredación. En general, cuando la cubierta vegetal después del fuego es débil existe menos probabilidad de depredación de los piñones. La regeneración es posible durante un corto periodo, cuando la depredación de semillas y la cubierta vegetal son todavía débiles, después del incendio, pero solo en una franja de algunas decenas de metros adyacente a los árboles no quemados.¹²³

Si el **rodal es mixto con pino salgareño y pino carrasco** (o en el caso de un rodal de pino salgareño adyacente a un rodal de pino carrasco), después del fuego la regeneración de pino carrasco puede ser suficiente para regenerar un rodal puro de dicha especie. En ese caso se puede tratar el rodal como lo haríamos con el pino carrasco. Si el rodal es mixto con **pino salgareño, pino silvestre o pino piñonero** acompañados de **encina, roble o alcornoque**, se puede convertir el rodal en encinar, robledo o alcornocal gracias a los rebrotes de esas especies, con los pinos adultos que hayan podido sobrevivir (si el fuego no ha sido muy intenso) como especies secundarias. En ausencia de rebrotadoras o de pino carrasco, los rodales pueden convertirse en herbazales o en matorrales.^{5,6,57}

1.3 Encinas y robles (excepto alcornoques)

Las encinas y los robles presentan una gran resiliencia al fuego, puesto que tienen la capacidad de rebrotar a partir de yemas en el tronco, la cepa y las raíces. De media, en Cataluña, el 85 % de las encinas quemadas (con muerte de la parte aérea) brotan del tocón.⁴⁰ La producción de retoños y chirpiales facilita la recuperación de la cubierta vegetal, y por consiguiente también disminuye el riesgo de erosión, favorece la retención de nutrientes y da refugio a la fauna.⁴¹ Los retoños son más vigorosos y numerosos en los individuos más grandes, puesto que poseen más yemas y más reservas. Con la edad, pero, el número de retoños disminuye y son más bajos.³⁹ La capacidad de brotar disminuye considerablemente después de una segunda perturbación sucedida menos de 5 años después de la primera.^{39,40} En calidades de estación bajas, los chirpiales

de **encina** crecen mejor que los de roble; en calidades altas, los de **roble** crecen mejor que los de encina.⁴¹

Según el régimen de incendios, la producción de chirpiales baja cuando el incendio es muy severo. Una alta frecuencia aumenta la mortalidad y disminuye el vigor de los chirpiales (sobre todo si el periodo entre los dos incendios es inferior a 5 años), por la progresiva destrucción y agotamiento del banco de yemas y de los recursos almacenados.³⁹ Los fuegos de final de temporada (finales de verano) son peores que los de principios de temporada, puesto que a finales de verano el rebrote es menos vigoroso debido a la distribución de los nutrientes en el árbol. Dado que con el cambio climático la temporada de sequía estival previsiblemente se alargará hacia el otoño, existe el riesgo que la chirpia sea aún más débil después de un fuego estival.³⁹

Después de un incendio, siempre y cuando haya una densidad moderada de pies, no habrá que plantar y la cubierta vegetal se recuperará rápidamente, principalmente con las mismas especies. Así, rodales de 400 a 600 robles/ha (pies madre) generan una cubierta continua en 20-25 años después del incendio.³⁹ Sin embargo, después de un incendio los **encinares** también se pueden transformar en pinares de pino carrasco (con o sin encina), en alcornocales (con o sin encina) y en herbazales.⁴⁰

1.4 Alcornoques

El alcornoque es la única especie de *Quercus* de ámbito mediterráneo que tiene yemas epicórmicas en las ramas (así como en el tallo, el tronco y las raíces),¹⁶² que se pueden situar a

.....

mucha altura. Cuando la corteza (el corcho) es bastante gruesa, estas yemas pueden sobrevivir al calor del fuego y permiten al árbol rebrotar rápidamente del tallo y de las ramas. Así pues, es una de las especies mejor adaptadas a resistir los incendios recurrentes. Su supervivencia es alta y la regeneración de la cubierta después de un incendio, rápida.²³

La localización de los rebrotes varía según la **severidad del fuego**:

- Intensidad baja (fuego de superficie, sin matorral): los árboles presentan algunas hojas chamuscadas en la parte baja y los rebrotes aparecen solo en las ramas.
- Intensidad moderada (fuego de superficie con matorral de poca altura): los árboles aparecen ennegrecidos o sin hojas, pero no carbonizados, y los rebrotes aparecen en las ramas y en la cepa.
- Intensidad elevada (fuego de matorral que se comunica con las copas): los árboles pueden quedar carbonizados a una profundidad de 1 a 2 cm y los rebrotes aparecen solo en la cepa.
- Intensidad muy elevada (fuego de copas y de matorral): el individuo muere.

La **vulnerabilidad al fuego** disminuye a medida que el grosor del corcho aumenta, hasta 4 cm, y si después del fuego quedan entre 8 y 10 mm de corcho sin consumir, probablemente la capa madre no habrá sufrido daños.¹⁶² Para un mismo grosor de corteza y diámetro normal, los alcornoques descorchados son menos resistentes al fuego que los que no se han descorchado nunca. Los más vulnerables son los acabados de descorchar. Recuperan resistencia y su máxima protección cuando el corcho llega de nuevo a los 3 o 4 cm de grosor. No obstante, con esas dimensiones el corcho se vuelve a pelar (cada 9 a 15 años), así que

en la práctica el riesgo de daños en los tejidos vivos (cámbium y floema) es permanente.²³

Según la severidad del fuego y el grosor del corcho, nos podemos encontrar con varios casos donde haya que cortar algunos pies o su totalidad¹⁶² (TABLA 7).

Además de rebrotar de tronco, los arrendajos dispersan las bellotas antes de que el suelo esté cubierto de arbustos, lo que favorece el establecimiento de brinzales en situaciones postincendio.²³

TABLA 7. Evaluación de los daños debidos al fuego y recomendaciones de gestión para los alcornoques

Superficie de descorche afectada ^a	Proporción de la copa chamuscada	Tipo de fuego	Intensidad del fuego	Tiempo desde el último descorche	Mortalidad de la parte aérea	Recepe ^b
20-40 %	50-100 %	De matorral viejo, algunos combustibles secos debajo del arbolado	Media	< 6 años	Media (30-60 %)	Algunos árboles muy afectados se pueden recepar
> 40 %	100 %	De matorral abundante o de restos debajo del arbolado	Alta	> 6 años	De baja a media, dependiendo de las dimensiones y de la salud del árbol (0-60 %)	Algunos árboles se pueden recepar
> 40 %	100 %	De matorral abundante o de restos debajo del arbolado	Alta	< 6 años	Mortalidad de alta a muy alta (> 60 %)	Recepar, regenerar como monte bajo y, si es necesario, reforestar

^a Proporción quemada de la superficie del tronco donde se ha realizado el último descorche..

^b En el resto de condiciones, todas ellas menos severas, conviene conservar todos los alcornoques para continuar con la producción de corcho.

Fuente: modificada de Vericat, P., Beltrán, M., Piqué, M. & Cervera, T. 2013. Models de gestió per als boscos de surera (*Quercus suber* L.) - Producció de suro i prevenció d'incendis forestals. 1a ed., Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST), Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.

1.5 Vegetación de sotobosque

La recuperación de la cubierta herbácea y arbustiva después de un incendio permite reducir la erosión (véase la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”) y la pérdida de nutrientes (véase la ficha “3. Conservación de la fertilidad del suelo”), recuperar las condiciones necesarias para la fauna (véanse las fichas “4. Conservación de la fauna invertebrada” y “5. Conservación de la fauna vertebrada”) y acelerar el regreso de los servicios ambientales.¹⁵⁸ En los rodales quemados donde se practica la corta de recuperación estos objetivos se deberían realizar complementariamente a la recuperación de la cubierta arbolada. Se ha observado, por ejemplo, que en pinares de pino carrasco y de pino marítimo de la cuenca mediterránea la

corta de recuperación con aprovechamiento por tronco entero y tala manual puede retrasar la recuperación de la cubierta vegetal, afectando negativamente al recubrimiento vegetal y a la riqueza específica. Las diferencias con las áreas quemadas y no aprovechadas son mayores los primeros 3 o 4 años después del incendio, pero estas diferencias se diluyen 9 años después del fuego.⁹

Después de un incendio, el recubrimiento vegetal y la riqueza de especies herbáceas y arbustivas son más altos sobre los suelos calcáreos que sobre los suelos margosos. También son mayores en las vertientes norte que en las vertientes sur. Las **especies que rebrotan**, como la coscoja (*Quercus coccifera*) y el lastón (*Brachypodium retusum*), logran un recubrimiento elevado al

poco del fuego (menos de 10 meses) que después no aumenta significativamente durante los meses siguientes. En cambio, el aumento del recubrimiento de las **plantas germinadoras**, como la aliaga (*Ulex parviflorus*), es más lento y progresivo. Las germinadoras son más abundantes después del fuego en ausencia de rebrotadoras (por ejemplo, en campos abandonados). Las plantas leguminosas suelen ser abundantes después de los incendios, puesto que pueden fijar el nitrógeno y vivir en ambientes donde este elemento se ha volatilizado en gran parte, debido al fuego.¹¹¹

Un caso particular lo constituyen los montes bajos dominados por los rebrotes de **madroño** (*Arbutus unedo*), la mayoría establecidos en rodales de pino carrasco que han sufrido incendios sucesivos. Después del fuego, el madroño rebrota vigorosamente, su crecimiento se estanca, y la continuidad de combustible, tanto vertical como horizontal, se puede mantener durante mucho tiempo. En Cataluña se ha constatado que la selección de rebrotes postincendio promueve un mayor crecimiento de los rebrotes 3 años después, concretamente un 48 % más en longitud y un 60 % más en diámetro. Cuando la selección de rebrotes es más intensa, más crecen los nuevos rebrotes del año siguiente. Por otro lado, desbrozar el rodal no afecta ni al crecimiento ni al número de nuevos rebrotes. Finalmente, la selección de rebrotes de madroño garantiza la cantidad de frutos producidos y mejora su calidad, y no altera la estructura ni la composición de las comunidades de hormigas.¹²¹

1.6 Conversión de áreas arboladas en medios abiertos

En las tierras menos productivas de Europa, desde principios del siglo XX el éxodo rural y la sustitución de la leña y del carbón vegetal por combustibles fósiles han ocasionado un aumento de la superficie arbolada en detrimento de cultivos y pastos. Esta forestación, y la intensificación de la agricultura y de la ganadería en las llanuras fértiles, ponen en riesgo muchas especies de medios abiertos y han reducido las poblaciones de ciertas especies de vegetales, de invertebrados y de vertebrados. Algunas de estas especies, endémicas de la cuenca mediterránea o de distribución restringida en Europa, están hoy en día amenazadas.^{124,125} Otras tienen un interés cinegético. Por otro lado, la mayor abundancia de medios abiertos favorece la presencia de un contingente de polinizadores (mayoritariamente artrópodos) que en medios cerrados son menos abundantes o están ausentes. En regiones con escasa extensión de medios abiertos sin actividad humana o con una actividad extensiva, la conversión de áreas arboladas quemadas (las de poco interés productivo o de conservación) en medios abiertos (como herbazales y matorrales) puede ser una oportunidad para recuperar estos hábitats.^{129,134}

La conversión de hábitats depende en gran medida de la vegetación previa al incendio. En el caso de las masas arboladas, la conversión puede ser más fácil o más costosa según la estrategia de regeneración postincendio de las especies arbóreas de los rodales. Si hay abundancia de **especies rebrotadoras** (principalmente del género *Quercus*) la conversión hacia medio abierto será muy costosa.⁴⁰ De manera similar, los pinares de pinos serótinos (**pino carrasco** y **pino marítimo**) suelen presentar una abundante regene-

.....

ración postincendio, exceptuando dos casos: la ocurrencia de un segundo fuego que queme el rodal antes de que este alcance la clase de edad de fustal joven, es decir, antes de que los pinos produzcan piñas,⁴ y los rodales de pino marítimo con débil proporción de piñas serótinas.¹⁵⁸ En estos casos los rodales se pueden convertir en medios herbáceos siempre y cuando no haya rebrotadoras. Si la regeneración de pino es abundante, se puede transformar el monte bravo o el latizal mediante una quema prescrita antes de que los pinos produzcan piña (unos 15 años en el caso del pino blanco y 10 años en el del pino marítimo).

Los bosques que más fácilmente se pueden convertir en herbazales y matorrales son los rodales puros de pinos no seróticos (pino salgareño, pino silvestre y pino piñonero), puesto que sus piñones tienen poca capacidad de dispersión y de supervivencia después del fuego.^{5,6,57} En los rodales de **pino piñonero**, gracias a su corteza gruesa y a la discontinuidad de ramas entre el suelo y la copa, es habitual que este árbol se mantenga como especie secundaria en bosques o matorrales después del fuego, gracias a los ejemplares adultos que han sobrevivido y a las plántulas que podrán prosperar. Si este pino está acompañado de rebrotadoras, la sucesión conducirá el rodal hacia un bosque mixto.⁵⁷ En cambio, en ausencia de rebrotadoras y con una mortalidad bastante alta, se puede conducir el rodal hacia una masa abierta de pino piñonero, con un sotobosque rico en arbustos típicamente mediterráneos (estos rodales son propicios para la producción de piña y de miel).¹¹⁸ El pastoreo con cabras y ovejas o las quemaduras prescritas de baja intensidad pueden ayudar a mantener esta tipología forestal.

El **pino salgareño** y el **pino silvestre**, en caso de incendios severos, presentan más mortalidad y menos capacidad de regeneración que el pino piñonero. En el caso de masas inicialmente mixtas, o donde hay presencia de rebrotadoras en el sotobosque, la sucesión después de un incendio tiende hacia masas puras: encinares o robledos. En el caso de masas puras y alta mortalidad, se tiende a la aparición de herbazales con o sin matorrales.^{5,6} Estos medios se pueden mantener abiertos gracias al pastoreo. En los encinares o robledos se puede practicar un desbroce y un resalveo (hasta dejar entre 400 y 1.000 pies/ha, según sus dimensiones, o una fracción de cabida cubierta de menos del 60 %), convirtiéndolos en montes adhesados que favorecen el aumento del estrato herbáceo y estimulan la producción de brotes tiernos para pasto.⁴⁰ Los rodales de pino silvestre donde los árboles han sobrevivido al fuego también se pueden adhesar, conservando entre 350 y 650 pies/ha. Esta transformación se puede aplicar a masas puras o a masas mixtas de pino silvestre con roble. En este último caso la gestión tiende a favorecer los pies de roble frente a los de pino.⁶

La conversión de áreas arboladas en medios abiertos es de especial interés en las áreas de fomento de la gestión (AFG), puesto que su bajo contenido en combustible limita la propagación de los grandes incendios forestales en estas localizaciones clave. Las actuaciones que se proponen en este apartado buscan obtener esta conversión sin realizar una roturación ni un desbroce en toda el área a convertir. Asimismo, se propone esta conversión con las finalidades de conservar especies de flora y fauna de medios abiertos y de aprovechar productos forestales no madereros de manera extensiva (pastoreo, apicultura, producción de piñón, etc.).

2. REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO

Objetivo: reducir el riesgo de erosión del suelo causada por los trabajos forestales

2.0 Condiciones generales

La erosión del suelo es la pérdida de materiales sólidos de los horizontes superficiales del suelo por ablación causada por las precipitaciones, la gravedad y la acción del viento.³¹ Después de un incendio, la principal causa de erosión son las precipitaciones (o erosión hídrica). En una zona quemada la erosión se puede manifestar de diferentes maneras:¹

- **Erosión laminar:** Es la erosión superficial producida por la acción de una corriente de agua que se escurre en forma difusa o en manto y donde las partículas se mueven siguiendo trayectorias planas, rectas y paralelas en relación con el eje del flujo. A pesar de que la escorrentía se lleva las cenizas que se depositan sobre el suelo, este proceso no se considera erosión laminar, puesto que las cenizas no forman parte del suelo.
- **Erosión en regueros y en cárcavas:** Son canales de drenaje temporales en pendientes, desprovistos de vegetación y con el fondo pedregoso. Los regueros miden menos de 1 m de anchura y de profundidad, mientras que las cárcavas tienen una anchura y una profundidad que oscilan entre 1 y 10 m.
- **Badlands:** Es un paisaje propio de ciertas áreas subdesérticas caracterizado por la formación de cárcavas en pendiente e interfluvios

estrechos que forman una red densa en sustratos arcillosos o margosos.

- **Erosión eólica:** Es la erosión superficial producida por la acción del viento. A pesar de que el viento se lleva las cenizas que se depositan sobre el suelo, este proceso no se considera erosión eólica, puesto que las cenizas no forman parte del suelo.
- **Movimiento de masa:** Es el desplazamiento hacia el fondo de la vertiente, provocado por la fuerza gravitatoria, de materiales que forman un cuerpo con una cierta cohesión por la presencia de agua, hielo o aire en su composición.
- **Derrumbamiento de muros en bancales agrícolas.**

La capacidad del suelo de recuperarse después de la degradación causada por un incendio depende de las condiciones del fuego, de las propiedades de las cenizas, de la topografía, de la meteorología postincendio, de la recuperación de la vegetación y de la gestión del medio que se lleve a cabo.⁵⁰ La erosión del suelo después de un incendio en los bosques mediterráneos no es, normalmente, un factor crítico para el medio.¹⁰² Varios estudios han observado que durante el primer año después del fuego la pér-

.....

dida de suelo es, en muchos casos, inferior a 1 tonelada por hectárea, y en la mayoría de los estudios, menos de 10 toneladas por hectárea (o aproximadamente 0,07 y 0,7 mm de suelo, respectivamente), aunque en incendios severos sobre suelos frágiles se pueden llegar a perder hasta 80 toneladas por hectárea durante los 3 primeros años.⁴³ Estos valores, principalmente relacionados con la severidad del incendio y la intensidad de las lluvias durante el primer año después del fuego, son similares o incluso inferiores a los de otros terrenos perturbados (como los campos agrícolas) o de medios con poca vegetación (como pastos y páramos). La erosión disminuye considerablemente a partir del segundo año después del incendio y vuelve a sus niveles habituales al cabo de entre 3 y 10 años.¹⁴⁴ Por regla general, el riesgo de erosión postincendio es débil si la pendiente es inferior al 20 %. En pendientes superiores, el riesgo es elevado solo cuando la fracción de superficie del terreno quemado cubierto por hojarasca caída de las copas chamuscadas es inferior al 66 %.¹⁵⁹

Los factores que pueden explicar la **débil erosividad de los suelos mediterráneos** son su alta pedregosidad y su alteración por el hombre desde hace siglos, lo que ha causado la pérdida de buena parte de las partículas finas. Por otro lado, no todos los suelos son igual de propensos a la erosión. La composición de la roca madre influye en la cohesión de las partículas. Por ejemplo, los suelos arenosos formados a partir de arenisca y los suelos desarrollados sobre margas y sobre arcillas de Keuper son más sensibles a la erosión causada por una tala postincendio⁹ que los suelos formados a partir de caliza.¹⁵⁸ De hecho, en pinares de pino carrasco y de pino marítimo de la cuenca mediterránea los efectos erosivos de la corta de recuperación con aprovechamiento por tronco entero y tala manual

no parecen estar ligados al área basal o a la densidad de pies extraídos, sino más bien a la poca cohesión de las partículas del suelo.⁹ Esta cohesión depende en gran medida del complejo arcillo-húmico, importante en la amortiguación del impacto de las gotas de lluvia.

No se puede fijar un periodo concreto durante el cual el suelo es más sensible después de un incendio, pero se sabe que la erosión depende en gran medida de los episodios de lluvia torrencial, del tipo de fuego (de copas o de superficie), de su severidad (por la cubierta de hojarasca que se haya podido preservar), de su recurrencia¹⁴⁴ y del restablecimiento de la cubierta vegetal, especialmente la arbustiva y la herbácea.⁵⁵ Antes de que se regenere la vegetación, son las cenizas las que protegen el suelo de la erosión y facilitan la infiltración del agua, excepto en el caso de capas delgadas (< 1 cm) de cenizas muy finas (creadas a altas temperaturas de combustión), que podrían obturar los poros del suelo y facilitar la escorrentía. No obstante, capas más gruesas de ceniza (2-5 cm) aumentarán la capacidad de almacenamiento de agua, retrasando y reduciendo así la escorrentía, hasta el punto de que no se produce ningún flujo superficial, independientemente de cualquier efecto de la obstrucción de la porosidad del suelo subyacente.¹³

Estas condiciones, que aportan resiliencia al fuego a las comunidades vegetales mediterráneas, pueden resultar perturbadas por las cortas de recuperación. Estos trabajos forestales aumentan la compactación, la densidad y la fragilidad del suelo, y también la escorrentía, que es siempre superior a la de las zonas no cortadas, aunque la madera se saque suspendida (en lugar de arrastrada), se reduzca el tráfico

.....

en las calles y se cubran estas con los restos de la corta. De hecho, las características del propio suelo, como su porosidad y rugosidad superficial, tienen una gran influencia sobre la escorrentía. Con respecto a los sedimentos, solo se observa una menor producción si la madera se saca completamente suspendida, método que altera menos el suelo que si la saca se hace por arrastre o semiarrastre. Un año después de la corta, la producción de sedimentos es similar a la de los lugares donde no se ha efectuado corta.^{86,168}

Otra fuente de erosión postincendio la constituyen los árboles quemados que en lugar de romperse por el tronco son tumbados y desarraigados por el viento. Esta situación puede ser grave en determinadas condiciones de sustrato, severidad del fuego y exposición al viento, y podría ser evitada con la corta de recuperación: el aprovechamiento inicial de los árboles quemados evitaría la apertura de hoyos donde el suelo mineral queda expuesto a la erosión. Sin embargo, la magnitud de esta fuente de erosión no ha sido medida y tampoco se conocen del todo las condiciones en las que los árboles son desarraigados por el viento en vez de romperse. Sea cual sea la situación, si se planean trabajos de corta hay que tener en cuenta las recomendaciones de buenas prácticas, sobre todo en áreas severamente quemadas. Será preciso evaluar también el estado del suelo para considerar la instalación de dispositivos de control de la erosión (véase la ficha “7.2 Dispositivos de control de la erosión”).

La aplicación de un abrigo vegetal (*mulch*) esparcido por el tramo de corta, compuesto por los residuos forestales de la corta, es el tratamiento más eficiente para reducir la erosión.⁴⁶ La TA-

BLA 8 recoge las características de los abrigos vegetales posibles. En Galicia, la aplicación de un abrigo vegetal de paja de cereal (a razón de 1,5 o 2 toneladas por hectárea) desde un helicóptero es un método factible, rápido y eficaz, aunque presenta limitaciones causadas por la acción del viento, la pendiente, el coste y el riesgo de introducción de semillas de especies exóticas. La aplicación desde vehículos terrestres también se ha mostrado eficaz, así como el *mulch* a base de astilla de corteza. En cambio, un lecho a base de astillas de madera solo es eficaz si se aplica en grandes cantidades, lo que aumenta los costes.^{43,44,159}

TABLA 8. Características de los abrigos vegetales contra la erosión

Tipos de abrigos vegetales	Reducción de la erosión (media e intervalo)	Ventajas	Inconvenientes
Residuos forestales en plantaciones de eucaliptos	96% (aplicando 8 toneladas/ha) 86% (aplicando 2,6 toneladas/ha)	Presentes de manera natural Se limita la pérdida de suelo a menos de 1 tonelada/ha/año	Se deben trocear y aplastar las ramas para aumentar su contacto con el suelo
Residuos forestales (corteza, hojarasca y ramas troceadas)	90% (80%-95%)	Presentes de manera natural	Se deben trocear o aplastar las ramas para aumentar su contacto con el suelo
Paja	80% (65%-95%)	Eficaz con aplicaciones ligeras (hasta 2 t/ha/año)	Poca durabilidad
<i>Hydromulch</i>	60% (10%-95%)	Permite sembrar al mismo tiempo	Costes elevados
Astillas forestales	30% (5%-50%)	Larga durabilidad	Aplicaciones más pesadas (13 t/ha/año)

Fuentes: para las plantaciones de eucaliptos, Keizer, J. J., Silva, F. C., Vieira, D. C. S., González-Pelayo, O., Campos, I., Vieira, A. M. D., Valente, S. & Prats, S. A. 2018. The effectiveness of two contrasting mulch application rates to reduce post-fire erosion in a Portuguese eucalypt plantation. *CATENA* 169: 21-30; el resto de la TABLA ha sido modificada de Ferreira, A. J. D., Alegre, S. P., Coelho, C. O. A., Shakesby, R. A., Páscoa, F. M., Ferreira, C. S. S., Keizer, J. J. & Ritsema, C. 2015. Strategies to prevent forest fires and techniques to reverse degradation processes in burned areas. *CATENA* 128: 224-237.

3. CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

Objetivo: conservar la fertilidad del suelo después de un incendio

3.0 Condiciones generales

Justo después del incendio es el momento en que el suelo es más vulnerable a la erosión y a la pérdida de nutrientes. Conservar los nutrientes del suelo es clave para mantener la productividad. Las cenizas (nutrientes mineralizados) y la materia orgánica (nutrientes por mineralizar) que quedan después del incendio son esenciales para esta conservación,^{87,114} ya que en los suelos mediterráneos el impacto de los incendios sobre los nutrientes disponibles se hace sentir como mínimo hasta 18 años después del fuego. Los nutrientes más afectados son la cantidad de carbono total, la materia orgánica, el calcio extraíble y el magnesio extraíble, y también disminuye la cantidad de nitrógeno total. Esta pérdida de nutrientes es atribuible a la eliminación de la vegetación quemada causada por las cortas de recuperación, a la erosión, a la lixiviación y a la combustión de la vegetación por el fuego. Evidentemente, la pérdida de nutrientes es mayor en los fuegos más severos.⁵²

Con la **mineralización** de la biomasa causada por la combustión (por ejemplo, la nitrificación) y su dispersión sobre el suelo, los nu-

trientes se solubilizan y son absorbibles por las plantas. Esto tiene un efecto fertilizante para la vegetación postincendio y puede acelerar la germinación y la regeneración de las plantas de sotobosque. Este efecto depende de la intensidad del fuego. Así, en la cuenca mediterránea los incendios forestales poco o medianamente intensos pueden aumentar la fertilidad sin que tengan un impacto marcado en la erosión ni en la escorrentía.⁷² Pero este aumento de fertilidad puede ser contrabalanceado por el aumento de estrés en el medio causado por el incendio.¹⁵²

La composición química de las **cenizas** depende de la especie vegetal y del grado de combustión. Algunos componentes químicos importantes para el ecosistema, como el nitrógeno y el carbono, empiezan a volatilizarse alrededor de los 200 °C, y a los 500-550 °C desaparecen completamente. Así, las cenizas producidas en fuegos de alta intensidad son muy pobres en estos elementos fundamentales para la recuperación de los ecosistemas. Además, su granulometría es más fina, y por lo tanto son más móviles. Otros elementos importantes para las plantas, como

.....

el calcio, el magnesio, el sodio y el potasio, se volatilizan a temperaturas muy elevadas (> 800 °C), que raramente se alcanzan en los incendios forestales. Estos nutrientes pueden ser exportados y perderse fuera de la zona quemada a través del humo, de las cenizas en convección o de la erosión. Los que permanecen en el suelo, lo fertilizarán o no dependiendo del tipo de suelo, de la capacidad de intercambio catiónico de este y de las condiciones meteorológicas. Lo más deseable es que las cenizas se mantengan en el suelo, sobre todo cuando la mayor parte de la masa vegetal ha sido afectada por un incendio severo.¹¹⁴

Debido a la movilidad de las cenizas, la **biomasa quemada** juega un papel clave en la preservación de los nutrientes. En las hojas y en las ramillas es donde los nutrientes están presentes en una mayor concentración. No obstante, es en los troncos y en las ramas, gracias a su mayor masa (unos dos tercios de la biomasa postincendio, siendo el otro tercio la biomasa subterránea), donde se localizan la mayor parte de los nutrientes.⁸⁸ Mientras que las hojas y las ramillas se queman y se transforman en cenizas, los troncos y las ramas permanecen y se descomponen lentamente, liberando nutrientes que permiten mantener la fertilidad del suelo después de un incendio. La acción de descomposición la realizan los organismos saproxílicos; por consiguiente, recomendamos consultar la sección “4.2 Invertebrados saproxílicos y control de los insectos perforadores”. Estos nutrientes pasan al depósito de materia orgánica en forma de humus, que será el responsable de dosificarlos y de suministrarlos en las fases de recuperación postincendio. En ausencia de humus no hay posibilidad de retener los nutrientes. Así pues, la fertilidad no solo depende de la presencia de nutrientes

mineralizados, sino que también se precisa el complejo arcillo-húmico y humedad para retenerlos y movilizarlos. Un incendio lento y de subsuelo destruye la totalidad del complejo y desestructura el suelo.

A partir de la madera muerta se incorporan al suelo materia orgánica, nitrógeno y carbono en compuestos orgánicos y fósforo inorgánico, entre otros nutrientes. Estas contribuciones igualan⁸⁸ o exceden⁸⁷ a las aportaciones potenciales al ecosistema provenientes de las deposiciones atmosféricas o de la fijación de nitrógeno por las raíces de las leguminosas. Los efectos son duraderos, puesto que los nutrientes se liberan lentamente.⁸⁷ En el caso de los pinos, los troncos quemados de mayor diámetro se descomponen más rápidamente que los de diámetro menor. Esta velocidad de descomposición heterogénea alarga el período durante el cual la madera quemada suministra nutrientes al ecosistema, y aunque su velocidad de descomposición es más lenta en las condiciones de clima mediterráneo (por la escasa humedad disponible) que en otros biomas forestales, este proceso es lo bastante rápido para ser un apoyo significativo al ciclo de los nutrientes.⁹⁷ Al descomponerse, esta madera permite el aumento de la masa microbiana del suelo y su respiración, facilita los procesos microbianos⁸⁹ y disminuye la densidad del suelo, lo que favorece la infiltración del agua y la penetración de las raíces.⁵⁶ Después de un incendio, y dependiendo de sus características, los procesos de descomposición oxidativa se aceleran, lo que conlleva la rápida mineralización de la exigua fracción orgánica que todavía permanecía en el suelo. Los restos vegetales quemados ayudan a regular este proceso. En los ecosistemas mediterráneos, las cortas de recuperación pueden tener un efecto perjudicial sobre la fertilidad de los suelos, exportando gran

.....

parte de los nutrientes del medio,⁸⁷ perjudicando la mineralización microbiana, perturbando el funcionamiento biogeoquímico y físico del suelo y retrasando la capacidad del ecosistema de restaurar su función de sumidero de carbono.^{88,143} Más concretamente, la corta de recuperación aumenta la densidad del suelo y reduce la estabilidad de los agregados, la capacidad de campo, la cantidad de materia orgánica y la cantidad de nitrógeno. Las comunidades microbianas del suelo afectadas por el fuego se recuperan antes en ausencia de corta.⁵³

Los estudios sobre los impactos que las cortas de recuperación causan sobre el suelo se concentran sobre todo en la erosión; muy pocos han explorado los impactos de estas cortas sobre la química del suelo y sobre sus nutrientes y aún menos comparando diferentes sistemas de aprovechamiento.⁸⁰ Un estudio reciente realizado en un incendio en la Serralada Litoral (Cataluña) midió diferentes nutrientes y parámetros químicos del suelo (capa de los 0 a los 5 cm), 2 y 10 meses después del incendio, según tres tratamientos: corta de recuperación manual y aprovechamiento por tronco entero, corta de recuperación manual sin aprovechamiento y ausencia de corta. En todos los casos, el pH y el calcio, el magnesio y el potasio extraíbles disminuían con el tiempo, mientras que la relación C/N aumentaba. Curiosamente, las parcelas con aprovechamiento presentaban una mayor estabilidad de los agregados, más nitrógeno total y más materia orgánica en el suelo que en las parcelas con corta sin aprovechamiento, y en estas últimas, la cantidad de carbono inorgánico era superior que en las parcelas sin corta. Según estos resultados, la corta de recuperación, con o sin aprovechamiento, no afecta de manera importante a la química del suelo y a sus nutrientes.⁵¹ La falta de otros

estudios dificulta sacar conclusiones generales a partir de esta experiencia, que además no incluía el aprovechamiento por árbol entero, donde la exportación de biomasa quemada es superior.

3.1 Plantaciones de eucaliptos

En plantaciones de eucaliptos de regiones mediterráneas húmedas se ha observado que el nutriente con pérdidas más importantes (en valor relativo) es el fósforo. La pérdida de este nutriente conllevará disminuciones de productividad en rotaciones sucesivas. Dado que las raíces de eucaliptos bajan hasta el regolito, donde se produce la meteorización de la roca madre, la pérdida de fósforo se notará después del último turno de rebrote de cepa, cuando se extraerán los tocones y se plantarán nuevas estacas de eucaliptos, que no tendrán las raíces lo suficientemente profundas para llegar hasta el regolito.¹⁵⁴

Los residuos de eucaliptos (principalmente corteza) son una fuente de calcio y de magnesio. Estos elementos se disuelven fácilmente en el agua de escorrentía.¹⁵⁵

4. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA INVERTEBRADA

Objetivo: conservar la biodiversidad de los organismos invertebrados después de un incendio

4.1 Invertebrados del suelo y de la superficie

Los invertebrados **epigeos** (que viven en la superficie del suelo) e **hipogeos** (que viven bajo la superficie del suelo y dentro de la capa de hojarasca) juegan un papel importante en la fertilidad, la salud y la productividad de los bosques, puesto que desmenuzan el material vegetal, ayudan a mineralizar los nutrientes para las plantas, contribuyen a la formación y estructura del suelo y forman parte de la cadena trófica.¹⁰⁶ Además, tienen interacciones mutualistas fundamentales con muchas especies de plantas, como la polinización de las flores y la dispersión de semillas. Los incendios forestales pueden afectar dramáticamente a estas comunidades y reducir la abundancia y la diversidad de la fauna del suelo. Así, en el caso de los himenópteros y de los dípteros, el impacto del fuego, por el hecho de convertir un medio arbolado en un medio abierto, es mayor que el impacto que puedan tener los diferentes sistemas de aprovechamiento (aprovechamiento por tronco completo, subsolado con plantación o ningún aprovechamiento). Pero el impacto de esos trabajos no es homogéneo.⁹⁵ Los fuegos en los que el suelo resulta afectado con más severidad (evaluada según la profundidad a que

el suelo se quema) afectan más gravemente a la fauna hipogea.⁸⁵ Así pues, deben aplicarse con prioridad las recomendaciones para minimizar los impactos sobre la fauna invertebrada del suelo en los lugares quemados severamente.⁵⁴

La recuperación de estos animales después de un fuego depende tanto de la **inmigración desde las áreas no quemadas** como de la **supervivencia local en refugios**, sobre todo en los lugares donde la severidad del fuego ha sido menor (los parches de vegetación no quemada así como los parches de hojarasca donde ha habido un incendio de copas pero donde el sotobosque no se ha quemado o se ha quemado ligeramente). En algunos casos, estos efectos pueden hacerse notar a largo plazo, hasta más de 7 años después del fuego,¹⁷¹ mientras que en ciertas condiciones las comunidades de artrópodos del suelo pueden recuperar su complejidad al cabo de entre 2 y 5 años tras la corta de recuperación.¹⁰³ Las especies que dependen más del humus, de la hojarasca y de los hábitats cerrados son las más sensibles, mientras que las que viven sobre la vegetación o toleran condiciones áridas y de hábitats abiertos son las más abundantes en las

.....

primeras etapas de la recolonización,^{14,139} como por ejemplo ciertas especies de hormigas,⁹⁵ de coleópteros⁶⁹ y de caracoles.¹³⁹

Los invertebrados de la superficie del suelo (**epigeos**) son más vulnerables al fuego que los hipogeos. Pero al ser más móviles, la recolonización de la zona quemada está más determinada por la idoneidad del hábitat que por el aislamiento.^{14,95,171} Para algunos, como ciertos macroartrópodos del suelo o como los gasterópodos, esta idoneidad está directamente relacionada con la cantidad de materia orgánica en el suelo o cerca de este (por ejemplo, las ramas quemadas esparcidas por el suelo),^{14,171} mientras que para otras, como ciertos himenópteros y coleópteros, los hábitats heterogéneos (como los causados por ciertos fuegos de intensidad baja o moderada, o incluso por cortas de recuperación parciales) pueden atraer a más familias y aumentar la diversidad,^{3,69,95} a pesar de que el número de individuos pueda ser similar entre los bosques no quemados y los bosques quemados con cortas de recuperación por tronco completo, con o sin plantación subsiguiente de pinos, o sin aprovechamiento.⁹⁵ En otros casos, la biomasa de artrópodos del suelo es similar entre los rodales con cortas de recuperación postincendio y las cortas a hecho de rodales de pinos vivos. No obstante, en el segundo caso hay menos densidad de individuos pero son de talla mayor.⁵⁹

La recolonización, sobre todo por los grupos de animales escasamente móviles, también se favorece a través de corredores no quemados que conectan las islas de hojarasca con el bosque no quemado. Así, las islas rodeadas de suelo quemado alojan una abundancia inferior de invertebrados epigeos, mientras que las islas de hojarasca conectadas a zonas no quemadas los

contienen en mayor abundancia.¹⁷¹ No obstante, para los invertebrados epigeos menos móviles, como los gasterópodos, la recolonización desde el bosque no quemado (aunque se encuentre a pocos metros) puede ser muy débil, y el método más frecuente es la repoblación a partir de pequeñas poblaciones de supervivientes al fuego.¹³⁹

Los invertebrados del suelo (**hipogeos**) se recuperan principalmente a partir de la supervivencia local en horizontes más profundos del suelo y parecen mostrar independencia a la presencia de los corredores no quemados.¹⁷¹ Su supervivencia depende del tipo de incendio. Los incendios de subsuelo tendrán un mayor impacto que los de sotobosque, y estos, que los de copas. El impacto del fuego sobre los invertebrados que se alimentan de las raíces, como las cigarras, se puede retrasar un año, el tiempo que tardan las raíces de las plantas rebrotadoras en degradarse. La corta de recuperación no afecta a la degradación. Las raíces de las plantas rebrotadoras, al no morir, ofrecen un apoyo continuo para estos organismos.¹²⁰

En general, la supervivencia de los animales del suelo y su recuperación depende en gran parte de la cantidad y de la calidad de la materia orgánica en el suelo.¹⁷¹

4.2 Invertebrados saproxílicos y control de los insectos perforadores

Los **invertebrados saproxílicos** constituyen uno de los grupos funcionales más amenazados de los bosques europeos y pueden verse favorecidos por la generación de madera muerta creada por los incendios. Los coleópteros perforadores de la madera quemada y sus depredadores, están entre los primeros organismos que colonizan los bosques recientemente quemados. Algunas especies de coleópteros saproxílicos, y también otros organismos saproxílicos, están especializados en detectar madera quemada, pirófilos como por ejemplo *Melanophila acuminata* (Coleoptera, Buprestidae) o *Acanthocnemus nigricans* (Coleoptera, Acanthocnemidae). Estas especies tienen un papel clave en la colonización pionera de pies quemados, iniciando diferentes procesos de descomposición. En este sentido, es necesario tener en cuenta que la comunidad de descomponedores de los tejidos leñosos en la madera quemada es diferente que en la madera muerta por otras circunstancias (Eduard Piera, com. pers.).

El principal servicio de los invertebrados saproxílicos es la descomposición de la materia orgánica para que esta se reincorpore al ciclo de los nutrientes. Influyen y regulan la descomposición a través de la digestión enzimática, la alteración del sustrato, las interacciones bióticas con otros descomponedores y la fertilización por nitrógeno. A pesar de ser aspectos básicos del funcionamiento del ecosistema, su interacción con los incendios y las cortas de recuperación es bastante desconocida (Eduard Piera, com. pers.). Los excrementos de las larvas que se alimentan de los árboles muertos enriquecen el suelo en nitrógeno y carbono orgánicos y aumentan la respiración microbiana en el suelo

mineral incluso hasta el triple en comparación con los rodales donde ha habido corta de recuperación. Esos excrementos pueden cubrir una buena proporción del suelo forestal y facilitan la recolonización por las plantas del área quemada.²⁸ Los organismos descomponedores son más abundantes en la madera quemada de mayor diámetro (especialmente las larvas de los insectos xilófagos más grandes) y en consecuencia esta madera se descompone más rápidamente que la de menor diámetro.⁹⁷

La corta de recuperación afecta negativamente a los invertebrados saproxílicos. En los rodales donde ha habido corta de recuperación la riqueza en especies es inferior en comparación con los bosques quemados sin talar, con los bosques maduros e incluso con los bosques maduros acabados de talar. Así, los impactos del fuego seguido de una corta de recuperación son sinérgicos y superiores a los impactos sumados del fuego y de la corta individualmente. Estas importantes diferencias en la composición de las especies se deben a la fuerte disminución de la cantidad y la calidad de la madera muerta de grandes dimensiones en los rodales quemados y talados.²⁹ Incluso algunas especies de cerambícidos están completamente ausentes de los bosques quemados donde ha habido corta de recuperación, a pesar de que los adultos sean relativamente abundantes en rodales quemados y en rodales no quemados talados. Esto es debido a que las larvas puestas en los troncos después del incendio se exportan fuera del bosque debido a la corta.²⁸ Otro ejemplo es el de *Lucanus cervus* (Lucanidae). Actualmente, los tocones de encina muy descompuestos generados por el incendio de Montserrat (Cataluña) de 1986 son hábitat para esta especie, igual que para otro lucánido ibero-magrebí como *L. barbarossa*. Se debe, pues, hacer una gestión adecuada si

.....

hay indicios de colonización de estas especies en la zona quemada a gestionar (Eduard Piera, com. pers.).

En consecuencia, la corta de recuperación en los bosques quemados puede tener consecuencias negativas serias sobre los invertebrados saproxílicos, especialmente los pirófilos, y sobre sus funciones ecológicas en los bosques después de un incendio.²⁹ Sabiendo que en los bosques gestionados intensivamente la cantidad de madera muerta de grandes dimensiones es muy inferior a la de los bosques naturales (entre el 90 y el 98 %, en algunos casos), gran cantidad de especies saproxílicas pueden haber desaparecido de los bosques con aprovechamiento maderero, situación que empeora con la corta de recuperación.¹⁴⁷ Por ello, dejar madera muerta de gran diámetro en los bosques verdes o generarla puede ser beneficioso para muchos procesos del bosque, uno de ellos facilitar la colonización si hay un incendio forestal cercano. Se debe considerar una gestión preincendio a escala de paisaje (Eduard Piera, com. pers.).

A menudo se ha querido justificar la corta de recuperación después de un incendio argumentando los riesgos de plaga sobre los rodales vivos vecinos causada por los insectos que hacen la puesta en la madera de los árboles debilitados por el fuego (principalmente escolítidos). Hay que distinguir entre coníferas, muy sensibles a los ataques de escolítidos primarios (Scolytinae, Curculionidae) si se dan unas circunstancias concretas, y frondosas, menos propensas a desarrollar plagas de estas características. No es cierto, pues, que por regla general deba haber problemas de grandes brotes, y estos no tienen nada que ver con los que sufren los bosques centroeuropeos y boreoalpinos. Sería preciso actuar caso por caso y ver si dejar cierto volumen

de madera muerta de coníferas podría influir en el riesgo de plagas (Eduard Piera, com. pers.).

Solo una minoría de **insectos perforadores** es capaz de romper las barreras de un árbol vivo, incluso moribundo,⁶⁰ algunos escolítidos y pocos más. Las especies de las familias de los bupréstidos, cerambícidos, himenópteros y sirícidos prácticamente en su totalidad solo son capaces de vivir en árboles muertos, o en árboles vivos con partes muertas, y es muy normal hallarlas en pies quemados o viejos (Eduard Piera, com. pers.). Las especies de los géneros *Tomicus* e *Ips* (subfamilia de los escolítidos) prefieren los pinos moribundos o que no se han quemado severamente, especialmente los de pequeño diámetro, con corteza delgada, los que tienen el tronco quemado hasta mayor altura y los que se encuentran donde el suelo ha sido más severamente afectado por el fuego, pero evitan los árboles sanos y los completamente quemados, con las hojas consumidas por el fuego.^{9,138} Así pues, el riesgo de que la madera quemada dejada en el bosque sea el foco de una plaga para los rodales vecinos es mínimo.⁶⁰ Los insectos perforadores solo son una amenaza para la supervivencia de los árboles debilitados por el incendio¹³⁸ o para las masas forestales debilitadas (por ejemplo por episodios recurrentes de estrés hídrico). En estos casos sí es aconsejable la corta de árboles moribundos periféricos.

5. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA

Objetivo: conservar la biodiversidad de los organismos vertebrados después de un incendio

5.0. Condiciones generales: aves, mamíferos y herpetofauna

En la cuenca mediterránea el efecto del fuego es muy variable y depende de factores como la superficie quemada, la severidad, la frecuencia, el estado inicial del ecosistema, la dispersión y el aislamiento de los parches no quemados y de varias condiciones abióticas. En general, las áreas arboladas quemadas albergan poblaciones de vertebrados menos ricas y menos abundantes,^{21,63,84,134} y compuestas por especies de ambientes abiertos o de ecotonos, como el conejo común (*Oryctolagus cuniculus*)¹³⁰ o las perdices (*Alectoris* spp. o *Perdix* spp.),¹²⁹ en contraposición a masas forestales con cubierta arbórea cerrada, que albergan poblaciones de especies que evitan las áreas abiertas. Los incendios forestales reducen la disponibilidad de hábitat para los animales de ambientes arbolados y tienen más impacto sobre las especies especialistas que sobre las generalistas (como las de régimen omnívoro),¹⁴⁰ lo que no implica que el impacto de los incendios sea necesariamente negativo desde la perspectiva de la conservación de la biodiversidad. El fuego puede crear un paisaje heterogéneo con áreas

abiertas, que son críticas para el mantenimiento de especies especializadas en los hábitats abiertos, y con parcelas sin quemar, que albergan especialistas de los ambientes forestales y de los ecotonos. Además, el menor número de especies a corto plazo después del fuego se ve compensado por una mayor diversidad acumulada a lo largo del tiempo, a medida que la vegetación se regenera. Por ejemplo, las especies de aves de prados y herbazales, presentes sobre todo el primer y segundo año después del fuego, como la alondra totovía (*Lullula arborea*) y el bisbita campestre (*Anthus campestris*), son progresivamente sustituidas por las especies de matorrales, que aparecen a partir del segundo o tercer año, dependiendo de la altura de matorral que requieran, como las currucas (*Sylvia* spp.) y el zarcero común (*Hippolais polyglotta*).

En la región mediterránea, desde el punto de vista de la gestión, mantener un paisaje con un mosaico de hábitats con diferentes historiales de quemadas es vital para la conservación de una diversidad de vertebrados elevada.⁶⁵ En cier-

.....

tas regiones las actividades cinegéticas están restringidas durante un periodo determinado después del incendio. Esta medida puede ayudar a restablecer las poblaciones de animales de medios abiertos.

Las comunidades de mamíferos y de aves de medios forestales cerrados ven su riqueza y su abundancia disminuidas como mínimo durante los 10 primeros años después del incendio.¹⁴² No obstante, en el caso de las aves, el número de especies puede aumentar durante los primeros años después del incendio gracias a la apertura de la cubierta arbolada (que atrae especies de medios abiertos), conjuntamente con la presencia de árboles muertos en pie (*snags*), que permite la retención de ciertos pájaros de medios arbolados (a pesar de que a medida que los árboles muertos en pie caen las especies forestales abandonan el lugar).⁸⁴ Pueden pasar hasta 50 años antes de que estas comunidades sean de nuevo similares a las que había antes del incendio.¹⁴² Por eso es esencial que el aprovechamiento forestal postincendio se adecúe a los objetivos de gestión de la fauna del territorio. En regiones con un déficit de medios abiertos poco antropizados, los incendios pueden ser una oportunidad para crear esos medios. Posteriormente, la gestión se puede enfocar hacia el mantenimiento de una parte de esos medios abiertos para conservar la fauna especializada asociada a ellos.

La recolonización del área quemada puede realizarse desde el exterior o a partir de los individuos que han sobrevivido en los parches sin quemar. La importancia de cada una de estas estrategias dependerá de las especies animales que se considere. En el caso de los **mamíferos** terrestres, la recolonización por parte de poblaciones residuales que han sobrevivido en los

parches sin quemar suele ser más importante que la recolonización a partir del exterior de la zona incendiada.⁸ Esto demuestra la importancia de conservar los parches de vegetación no quemada, que son unos focos de colonización esenciales y restan impacto a las actividades que fragmentan los territorios quemados, como las cortas de recuperación, durante la etapa temprana de la recolonización (a pesar de que esos impactos se pueden hacer notar posteriormente).⁸

En las **aves**, por el uso que hacen de los árboles muertos en pie y según se trate de especies de medios abiertos o de medios cerrados, se observa un comportamiento diferente. En los pinares y encinares mediterráneos el fuego modifica menos la composición de la avifauna de hábitats cerrados de lo que se podría esperar. Se observa una inercia faunística (o fidelidad al lugar) después del incendio, resultando principalmente de la persistencia de los árboles muertos en pie, efecto que dura hasta 3 o 4 años pero que puede desaparecer rápidamente si se realiza una corta de recuperación. Después de la perturbación, rápidamente varias especies, como el agateador común (*Certhia brachydactyla*), el pico picapinos (*Dendrocopos major*), el mito (*Aegithalos caudatus*), los carboneros (*Parus spp.*), etc., utilizan los árboles muertos en pie, tanto durante el invierno como durante la temporada de cría, para buscar comida, hacer la puesta y anidar y como lugar de vigilancia. La tala de estos árboles muertos en pie provoca una disminución de la riqueza de especies y de la abundancia de individuos.⁸⁴ Estos legados biológicos son importantes puesto que durante los primeros estadios de la sucesión las diferencias en la avifauna están más influenciadas por la estructura del hábitat que por la composición vegetal.⁶⁴

Los árboles quemados aguantan en pie sobre todo los 3 primeros años, y así el medio arbolado se transforma paulatinamente en un medio abierto que es colonizado por especies especialistas de hábitats abiertos.⁸⁴ Las cortas de recuperación aceleran esta colonización,⁶⁴ que está condicionada a la proximidad de estos hábitats y por el hecho de que estas especies de aves estén adaptadas a vivir en una matriz donde hábitats abiertos y cercados coexisten, dos condiciones habituales en la cuenca mediterránea.^{15,16,135} Todo ello hace que a menudo no se observen diferencias en la riqueza de especies entre los rodales de pinos quemados con o sin corta de recuperación.⁶⁴

La respuesta de los **reptiles** al fuego depende más de las condiciones de recuperación del hábitat que de las variables del fuego.¹⁰⁴ Por ejemplo, las especies responden a corto plazo según el microhábitat que ocupan: las especies que viven en rocas, poco afectadas por el fuego, tienen una respuesta positiva; en cambio, la respuesta es negativa en las que viven en el sotobosque. La pluviometría también influye en la recuperación del hábitat: en las zonas más lluviosas la recuperación es más rápida. Si la vegetación previa al incendio representa un hábitat de baja calidad para los reptiles (como las plantaciones densas de coníferas), la eliminación de la cubierta vegetal por el fuego y la subsiguiente corta de recuperación pueden aumentar la abundancia de reptiles gracias a una mayor insolación del suelo.⁷

Sea cual sea la estrategia de recolonización, los nuevos colonizadores se encontrarán con un espacio con recursos limitados en comparación con los que había antes del incendio.⁸ Es pues importante identificar cuáles son los atributos del nuevo hábitat que facilitan la superviven-

cia de los colonizadores, como por ejemplo los refugios para pequeños mamíferos y reptiles, los lugares de insolación para los reptiles o las cavidades en los árboles para la nidificación de los pájaros y como refugio de murciélagos.^{7,70,81} Es esencial que estos atributos se mantengan cuando se realizan cortas de recuperación, puesto que así se favorece un hábitat más heterogéneo y con más biodiversidad. Por ejemplo, los pájaros forestales a menudo siguen ocupando las áreas quemadas no cortadas, las especies de espacios abiertos ocupan las que se han cortado, y las especies de matorral se establecen en las zonas donde la chirpía o el sotobosque ofrecen más recubrimiento.¹³⁴ La regeneración arbórea también influye en la recolonización del medio por la fauna. Por ejemplo, mientras que los retoños postincendio de las encinas se ramifican rápidamente y pueden ser utilizados pronto por los pájaros, los brinzales de pino tardan años antes de adquirir un rol importante para la avifauna.⁸⁴ En cambio, los mismos brinzales ofrecen un buen refugio para los conejos en 3 o 4 años.

Los incendios forestales pueden ser una oportunidad para restaurar hábitats abiertos con alto grado de naturalidad en zonas donde estos espacios no abundan o donde, a pesar de estar presentes, están altamente antropizados (como las zonas agrícolas y de pastos intensivos).¹²⁹ Así pues, a escala de paisaje los incendios pueden incrementar la heterogeneidad de los hábitats y, consiguientemente, la riqueza de los vertebrados.⁶⁴

6. REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO POSTERIOR

Objetivo: reducir las causas que aumentan el riesgo de incendio después de una corta de recuperación

6.0 Condiciones generales

La alta recurrencia caracteriza el régimen de incendios en la cuenca mediterránea.¹¹⁰ A pesar de que los fuegos se producen principalmente en condiciones meteorológicas de sequías prolongadas y altas temperaturas, la composición y la estructura forestales influyen ampliamente en el peligro de incendio. La **madera muerta**, por su reducida humedad, baja densidad y presencia de grietas, se inflama con mayor facilidad que la madera viva.¹⁷⁰ En las zonas más secas de la cuenca mediterránea la madera quemada muerta puede persistir durante 30 años o más, conservando su capacidad de combustión.¹⁴⁹ Con estas constataciones se quiere justificar la práctica de las cortas de recuperación: reducir la cantidad de combustible disponible para un nuevo incendio a fin de que, en caso de que se produzca, sea más fácilmente controlable y extinguable.^{68,109,115,127,149,167}

Después de un incendio quedan numerosos restos leñosos sin quemar, la mayoría en forma de **árboles muertos en pie** (*snags*). Dado que el sotobosque es el lugar donde empiezan e inicialmente se propagan la mayoría de incendios,

se considera que los árboles muertos en pie no influyen en el peligro de incendio mientras se mantengan erguidos.^{17,66} Con el tiempo, caen empujados por el viento, mientras que la cubierta vegetal se recupera, dos procesos que acumulan combustible de superficie.^{127,156} Por regla general, los árboles muertos en pie de mayor diámetro aguantan más tiempos erguidos, pero al ser más altos son más propensos a romperse.¹²⁷ En pinares de pino carrasco quemados en el centro de Cataluña, 3 años después del incendio todavía quedaban erguidos el 80 % de los pinos, pero la caída se acelera a partir del cuarto año, y 6 años después del incendio solo se aguantaban el 25 % de los pinos quemados; en el caso de las encinas, los procesos de descomposición de la madera y de caída son más lentos.⁸⁴ En pinos de Sierra Nevada (Andalucía), el segundo invierno después del incendio aún estaban en pie, y no habían caído todos hasta 5,5 años tras el fuego.⁹⁶ Que los árboles muertos en pie estén agrupados o dispersos no influye en su ritmo de caída,¹²⁷ aunque los dispersos (cuando la corta de recuperación ha apeado el 90 % de los pies) caen un poco más de prisa,

pero la diferencia es poco significativa.⁹⁶ Los pinos quemados de menor diámetro tardan más en caer pero, de nuevo, esta diferencia es poco significativa. El gradiente altitudinal no ejerce ninguna influencia.⁹⁶

Según los modelos de combustible, el parámetro de esta madera muerta más influyente en el comportamiento del fuego es el **diámetro**: los diámetros más delgados (principalmente las ramas) se inflaman más fácilmente, propagan las llamas más rápidamente y se consumen en mayor proporción (esta proporción es mayor en los residuos que están en el suelo, en los fuegos intensos, y en los residuos suspendidos, en los fuegos poco intensos), mientras que los diámetros más grandes (troncos con un diámetro superior a los 20 cm) se queman durante más tiempo, pero tienen muy poca influencia en la intensidad y propagación iniciales del fuego, puesto que conservan más la humedad y tienen una menor proporción superficie/volumen,^{17,127} y su masa se consume en menor proporción.¹⁵⁷ Cuando los árboles muertos en pie caen siguen siendo un combustible adecuado. Las partes que quedan en contacto con el suelo conservan más humedad y por lo tanto queman con más dificultad, pero están más en contacto con otros combustibles (como la hojarasca y las plantas de sotobosque), mientras que las partes suspendidas son un combustible mejor, puesto que permanecen secas más tiempo pero están más alejadas de los combustibles de superficie.¹⁵⁷ Dado que los troncos suelen acabar en contacto con el suelo y las ramas están suspendidas, son estas las que más peligro representan en la propagación de un posible futuro incendio.¹ La madera quemada no es un combustible estático, y se sabe que para los pinos (silvestre, salgareño y marítimo) los troncos quemados de mayor diámetro se descomponen más rápida-

mente que los más delgados. Mientras que los troncos de 5 cm de diámetro a penas pierden peso al cabo de 10 años tras el incendio, los más gruesos pierden fácilmente un 30 % o hasta un 60 % de su peso.⁹⁷

La corta de recuperación con el sistema de aprovechamiento por árbol completo es el método más eficaz para reducir esta fuente de combustible.¹²⁷ El sistema de aprovechamiento por tronco completo tiene el inconveniente de dejar en el suelo las ramas y las copas, que aumentan inmediatamente la **cantidad de combustible fino de superficie**³⁶ (excepto que se haga un aprovechamiento posterior de las ramas). La distribución horizontal de estas ramas, formando una cubierta continua y homogénea, o bien agrupadas en pilas aisladas, influirá en la propagación del incendio. Finalmente, no realizar ningún aprovechamiento evita la aportación inmediata de combustible de superficie, pero a medio plazo (a partir del tercer año después del incendio) se empiezan a acumular en el suelo tanto los troncos como las ramas, todavía con capacidad de quemar.^{71,127}

La **gestión del regenerado** que se haga después del incendio también influye en el peligro de esta perturbación si se vuelve a producir.¹⁵⁶ Las plantaciones de coníferas después de una corta de recuperación son susceptibles de sufrir incendios subsiguientes de alta severidad, a pesar de que puedan ser de débil intensidad (por la poca cantidad de combustible), y aun cuando grandes cantidades de madera quemada hayan sido recogidas durante las cortas de recuperación.⁸¹ Eso se debe a la estructura de las plantaciones durante los primeros años, cuando las copas están expuestas al viento y más cerca de herbáceas y de arbustos heliófilos, que actúan como combustibles de superficie y de escala,

presentes gracias a la débil fracción de cabida cubierta. Este riesgo de incendio se mantiene tanto si la plantación ha sido aclarada como si no, y no disminuirá hasta que la fracción de cabida cubierta llegue a unos valores de entre el 70 y el 90 %, y las copas sean lo bastante elevadas como para separarse de los combustibles de superficie y de escala.^{11,149}

Así, considerando la dinámica temporal de los combustibles, la corta de recuperación por sí sola no puede reducir drásticamente el peligro de un incendio posterior. La reducción de las cargas de combustible y su influencia en el peligro de incendio requiere una manipulación razonada de la acumulación de futuros combustibles, incluyendo los de la vegetación quemada y los de la masa regenerada. Los beneficios de gestionar los combustibles postincendio en el mantenimiento de la resiliencia del ecosistema tienen que ser contrapesados teniendo en cuenta los efectos negativos que la eliminación de estos legados biológicos puede tener en la estructura y las funciones del ecosistema.³⁷

7. CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS HÁBITATS FLUVIALES Y DE RIBERA

Objetivo: disminuir los impactos del fuego y de las cortas de recuperación sobre los hábitats fluviales y de ribera

7.1 Bosques de ribera y cursos de agua

Los ecosistemas mediterráneos muestran una recuperación rápida después del fuego, y los hábitats fluviales y de ribera no son una excepción. Los **impactos del fuego** en los cursos de agua mediterráneos se deben al aumento, durante las tormentas, de la erosión y de la escorrentía de las cuencas severamente quemadas, sobre todo durante las primeras lluvias intensas. El aumento de las aportaciones de agua, de materiales disueltos, de nutrientes, de sedimentos, de materia orgánica y de cenizas a los cursos de agua se observa, normalmente, durante algunos meses o hasta 4 años después del incendio. Las poblaciones de algas bentónicas, de invertebrados, de anfibios y de peces se reducen (o pueden desaparecer temporalmente de algunos tramos) por las crecidas repentinas después del incendio.¹⁶⁵

En general, sin intervención humana, los cursos de agua, tanto los perennes como los intermitentes, recuperan sus características geomorfológicas y bióticas en solo 1, 2 o 3 años después del incendio (en el caso de los peces la recuperación está condicionada por las barreras que impidan su migración). Este regreso a las condiciones preincendio está asociado al resta-

blecimiento de la cubierta vegetal de la cuenca quemada, que frena la aportación de sedimentos y regula la escorrentía (disminuyendo las puntas de crecida), y que generalmente se produce en menos de 5 años, y a nuevas lluvias torrenciales que en 4 o 5 meses evacúan los sedimentos y las cenizas que durante el mes posterior al fuego habían cubierto el cauce y llenado las pozas.¹⁶⁵

Los bosques de ribera amortiguan los impactos del fuego sobre los ecosistemas fluviales, puesto que frenan los sedimentos que, de lo contrario, llegarían a los cursos de agua, y los retienen formando fértiles llanuras fluviales; de aquí la importancia de conservarlos en buen estado.^{32,38,122,165,169} Los bosques de ribera son una zona de transición entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres, especialmente para los anfibios, y sostienen una gran biodiversidad.²⁷ En cuencas quemadas donde se han conservado los bosques de ribera, la composición de los invertebrados acuáticos cambia muy poco y se asemeja a la de las cuencas sin incendios.¹⁶⁵ Las perturbaciones en los bosques de ribera afectan a la disponibilidad de hábitat en el curso de agua, y esos efectos se hacen sentir con más

.....

intensidad cuando el cauce es más estrecho.³²

Los bosques de ribera pueden servir de cortafuegos, puesto que son menos combustibles, gracias a la elevada humedad de los tejidos vegetales y a su temperatura, más baja que la de los bosques adyacentes.³⁸ Su eficacia es directamente proporcional a su anchura, a la humedad foliar y a la humedad relativa del aire. Estas características disminuyen a medida que nos alejamos del curso de agua. No obstante, en la cuenca mediterránea los grandes incendios forestales se suelen producir en condiciones meteorológicas de sequía extrema y de viento, situaciones en las que los bosques de ribera pueden incendiarse, aunque a menudo se queman de manera parcial. Cuando esto sucede, se observa un aumento de las algas bentónicas debido al aumento de luz en el curso de agua; las comunidades de invertebrados pasan a ser dominadas por especies estrategas de la *r* (especies con una elevada natalidad, que cuidan poco la descendencia y con una elevada mortalidad), y los torrentes intermitentes se secan con más facilidad durante el verano, por culpa de una mayor evaporación. La regeneración de los bosques de ribera depende menos del banco de semillas y se basa más en el rebrote de las especies leñosas que han sobrevivido al fuego o de la germinación de plantas anuales a partir de zonas no quemadas, y se acelera por la humedad y la riqueza nutritiva del suelo, recuperando la cubierta vegetal inicial en 3 a 6 años. No obstante, este proceso puede ser interrumpido por las crecidas que siguen al incendio, causando una mortalidad secundaria.¹⁶⁵

La presencia de **madera muerta en el bosque de ribera** después de un incendio es importante para mantener la calidad de estos hábitats. La mayoría de los troncos quemados siguen ergui-

dos inmediatamente después del fuego (del 57 al 83 % entre 2 y 3 años después del incendio) y contribuyen a la estabilidad de los taludes de la ribera con sus raíces, hasta que se descomponen. Los árboles caídos aportan madera muerta al río, sobre todo durante los 2 años siguientes al incendio, aunque el bosque de ribera sea estrecho. En general los rodales de pinos aportan más volumen de madera muerta a los cursos de agua que los rodales de robles o de encinas.¹⁶⁵ Esta madera muerta proporciona cubierto y hábitat a los organismos ribereños y acuáticos, aportación esencial después de que el fuego haya destruido parte o la totalidad de las copas que sombrean el río.³² Cuando se producen crecidas, las repercusiones de la madera muerta dentro del cauce son variables según el calado y la velocidad del agua, las dimensiones del curso de agua y el número, la medida y la localización de los núcleos de troncos y ramas respecto a la corriente. Normalmente estos materiales aumentan la rugosidad del lecho y la sobreelevación de la lámina de agua. Una ocupación del cauce del 20 al 40 % con acumulaciones de madera muerta genera sobreelevaciones de 10 a 20 cm de la lámina de agua. Pero estos efectos no se pueden generalizar, puesto que en la mayoría de casos la geometría del canal se ajusta a las nuevas condiciones de rugosidad. Las acumulaciones de madera muerta pueden provocar desbordamientos laterales sobre las terrazas y a menudo generan turbulencias que dan lugar a procesos erosivos en los márgenes. A pesar de ello, también tiene efectos positivos interesantes que hay que tener en cuenta en una gestión racional del mantenimiento de los cauces; entre ellos destacan la regulación de los desbordamientos para laminar las avenidas en tramos que sean de interés, la retención de sedimentos y de elementos flotantes y de materiales depositados, la diversificación de hábitats

faunísticos y la modulación del trazado del cauce de aguas bajas en función de determinados objetivos.^{32,61}

La mejor **restauración ecológica** de los hábitats fluviales y de ribera pasa por no intervenir, ni en el bosque de ribera ni en el resto del bosque no quemado. Después de los incendios de 2003 en el parque natural de Sant Llorenç del Munt (Barcelona), se inició un proyecto multidisciplinario para acelerar la regeneración del área quemada. Entre las medidas de mitigación se incluyeron la construcción de sumideros de sedimentos, la reforestación de los bosques de ribera y la retirada de los árboles muertos. A pesar de que con estos esfuerzos se plantaron 4.000 árboles autóctonos, los estudios realizados hasta 6 años después del fuego indicaron que no había diferencias significativas en la regeneración de la vegetación entre las áreas restauradas y las áreas quemadas no gestionadas. Además, se concluyó que la construcción de caminos para retirar los árboles muertos después del fuego causó más erosión del suelo que el propio incendio.¹⁶⁵

7.2 Dispositivos de control de la erosión

Los **dispositivos de control de la erosión** son instalaciones que tienen por objetivo retener los sedimentos en la misma área quemada y así evitar la pérdida de suelo, o en los torrentes intermitentes para atenuar el relleno de infraestructuras acuáticas como canales, embalses o puertos, río abajo. Cuando hay pinos disponibles, los diques de troncos y de residuos (*log debris dams*) son un método eficiente y rentable para retener partículas de arena en los afluentes intermitentes antes de que lleguen al canal prin-

cipal. A pesar del mayor coste de las barreras de troncos contra la erosión (*log erosion barriers*), este método es interesante porque mantiene el suelo en las laderas. Estas dos medidas se podrían utilizar conjuntamente, puesto que son complementarias y las dos dependen de la disponibilidad de troncos de pino rectos. Finalmente, las balsas de sedimentación son el método más eficaz para atrapar los sedimentos de granulometría diversa. Son útiles cuando no hay pinos o troncos lo bastante rectos para construir diques o barreras.⁴⁹

Puesto que la instalación de estos dispositivos es costosa, es aconsejable saber con antelación donde habrá un riesgo de erosión más elevado justo después del incendio. Este riesgo se puede modelizar a partir de cuatro variables: la pendiente, la densidad de la vegetación antes del fuego, la severidad del fuego y la erosividad del suelo. Una vez identificadas las zonas con más riesgo de erosión, se deben priorizar las actuaciones donde las partículas del suelo erosionado puedan llegar más fácilmente y en mayor cantidad al curso de agua, y donde la instalación de los dispositivos resulte más factible. Es preciso, pues, (1) determinar en qué zonas de alto riesgo de erosión el material erosionado puede llegar más fácilmente al curso principal, (2) evaluar qué suelos tienen más valor para ser protegidos, (3) valorar la disponibilidad de pinos para la construcción de barreras de troncos contra la erosión y de diques de troncos y de residuos, puesto que sus troncos rectos facilitan la construcción, y (4) examinar la accesibilidad. Los dispositivos deberían colocarse lo más pronto posible después del incendio, puesto que las primeras lluvias son las que generan más erosión. Se deben instalar correctamente para que sean eficientes y tienen que estar adecuadamente dimensionados para reducir los costes,

.....

puesto que se tiende a sobredimensionar estos dispositivos.⁴⁸

Los **diques de troncos y de residuos** (*log debris dams*) se disponen en el fondo de los torrentes intermitentes, cada 25-30 m. Tienen que desbordar a 3 m por cada ladera del torrente. Se pueden construir con troncos o con ramas, pero debe evitarse que haya huecos entre las piezas (tapándolos con ramas y ramillas) y hacerlos más altos de lo necesario. El grosor máximo de sedimentos que se acumulan en condiciones mediterráneas, en la mayoría de casos, es de 80 cm. Deben sujetarse fuertemente para que no se los lleven las crecidas. Se pueden contar 8 días de trabajo de 2 hombres para cubrir 500 m de torrente y levantar 20 diques de troncos y de residuos. El coste máximo es de 143 €/m³ de sedimento capturado, para diques de entre 60 y 150 cm de altura.⁴⁹

Las **barreras de troncos contra la erosión** (*log erosion barriers*) deben posicionarse paralelas a las curvas de nivel. Están constituidas por dos troncos superpuestos y sin rendijas (una altura superior es innecesaria, en condiciones mediterráneas), lo más largos posible. El tronco inferior tiene que estar en pleno contacto con el suelo, disponiéndolo en trinchera. Es importante respetar estas instrucciones, puesto que de lo contrario pueden acentuar la erosión en regueros por el hecho de concentrar el agua de la lluvia. El coste máximo es de 250 €/m³ de sedimento capturado.⁴⁹

Las **balsas de sedimentación** tienen la función de precipitar los sedimentos transportados por el agua. Son el método más eficaz, puesto que balsas de entre 30 y 260 m³ capturan entre el 54 y el 85 % de los sedimentos de todas las dimensiones. Aun así, son demasiado pequeñas para

laminar las crecidas. Mientras que los diques de troncos y de residuos capturan principalmente las arenas, las balsas de sedimentación son un sumidero para todas las granulometrías. En consecuencia, con la construcción de balsas de sedimentación se puede evitar la instalación de diques de troncos y de residuos. El coste máximo es de 217 €/m³ de sedimento capturado, para una balsa de 180 m³.⁴⁹

Los **cordones de madera muerta siguiendo las curvas de nivel** no son una medida eficaz para reducir la erosión. Por su ausencia de barrera transversal en sólido contacto con el suelo, solo reducen el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo que ocupan, pero no disminuyen la escorrentía. Para maximizar el efecto antierosivo de los restos de corta cuando no se quiere o no se puede construir dispositivos de control de la erosión, lo más eficaz es esparcir los residuos forestales por el tramo de corta, troceando las ramas más largas.⁴⁶



FIGURA 3. Pinar de pino silvestre después de un aprovechamiento por tronco entero. **Imagen:** R. Puig-Gironès.

HERRAMIENTA PARA LA SELECCIÓN DE LAS RECOMENDACIONES

La finalidad de la herramienta para la selección de las recomendaciones de buenas prácticas para la gestión forestal postincendio es orientar al gestor hacia las recomendaciones que sean pertinentes, atendiendo a la combinación de diversos factores. La herramienta toma la forma de **diagramas de flujo**, y a partir de ellos se obtendrá una lista de las recomendaciones que deberían aplicarse para reducir los impactos posibles de la corta de recuperación sobre los elementos del medio, en función de los medios disponibles y de cuatro grandes objetivos para la zona incendiada.

Los **cuatro grandes objetivos** son:

1. La **producción** forestal (maderera y no maderera) en medio arbolado,
2. la **conservación de la biodiversidad** (principalmente, pero no exclusivamente, en espacios naturales protegidos o en custodia),
3. la creación de **medios abiertos** (con o sin pasto) y
4. la reducción del **riesgo de incendio** posterior.

En una misma área quemada puede coexistir más de un objetivo.

En los bosques donde el objetivo principal es la **producción forestal en MEDIO arbolado** se contempla la posibilidad de utilizar todos los sistemas de aprovechamiento y de desembosque, buscando que su impacto sea mínimo. Cuando el objetivo es la **conservación de la biodiversidad**, se quiere que la circulación de maquinaria sea mínima y que se deje el máximo de biomasa en el tramo de corta. Por estos motivos, el apeo debe ser manual, el sistema de aprovechamiento debe ser por tronco completo, el desembosque prioritario es el de madera suspendida, y se contempla la opción de no aprovechar la madera quemada.

Cuando lo que se busca es la **creación de medios abiertos**, una cuestión clave en el diagrama de flujo es si se hará o no un uso silvopastoral de la zona quemada. Además, este objetivo puede estar motivado por el mantenimiento de la flora y de la fauna de hábitats abiertos en regiones con escasa extensión de estos. El cuarto objetivo, la **reducción del riesgo de incendio posterior**,

.....

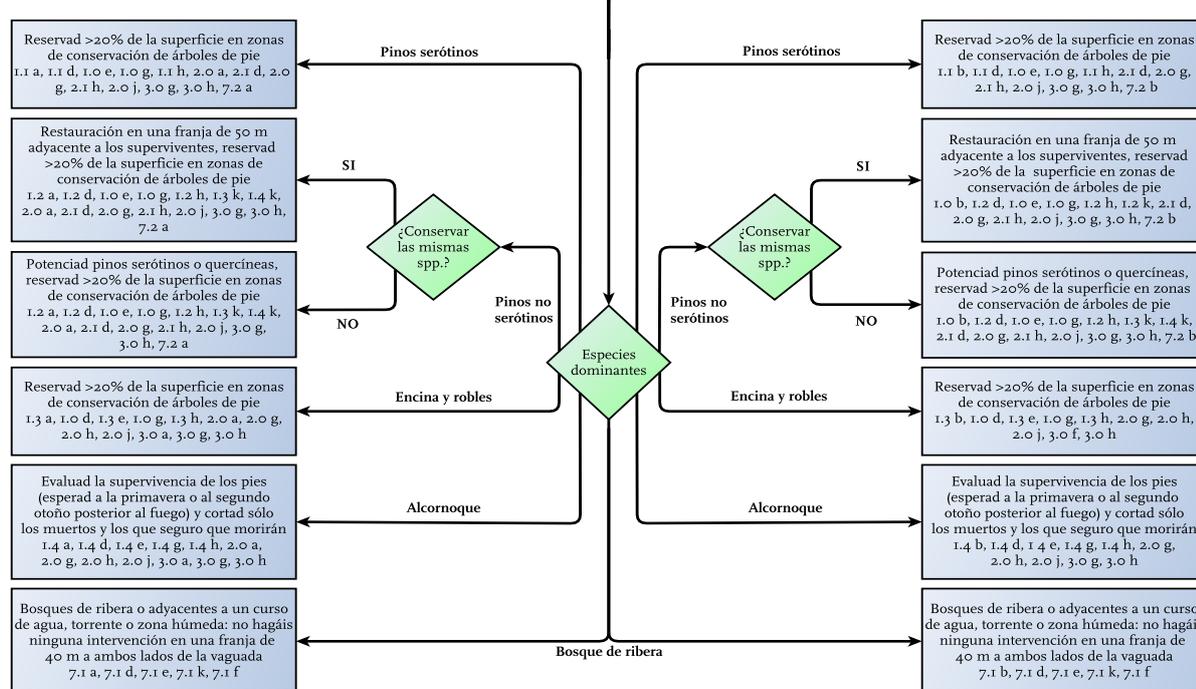
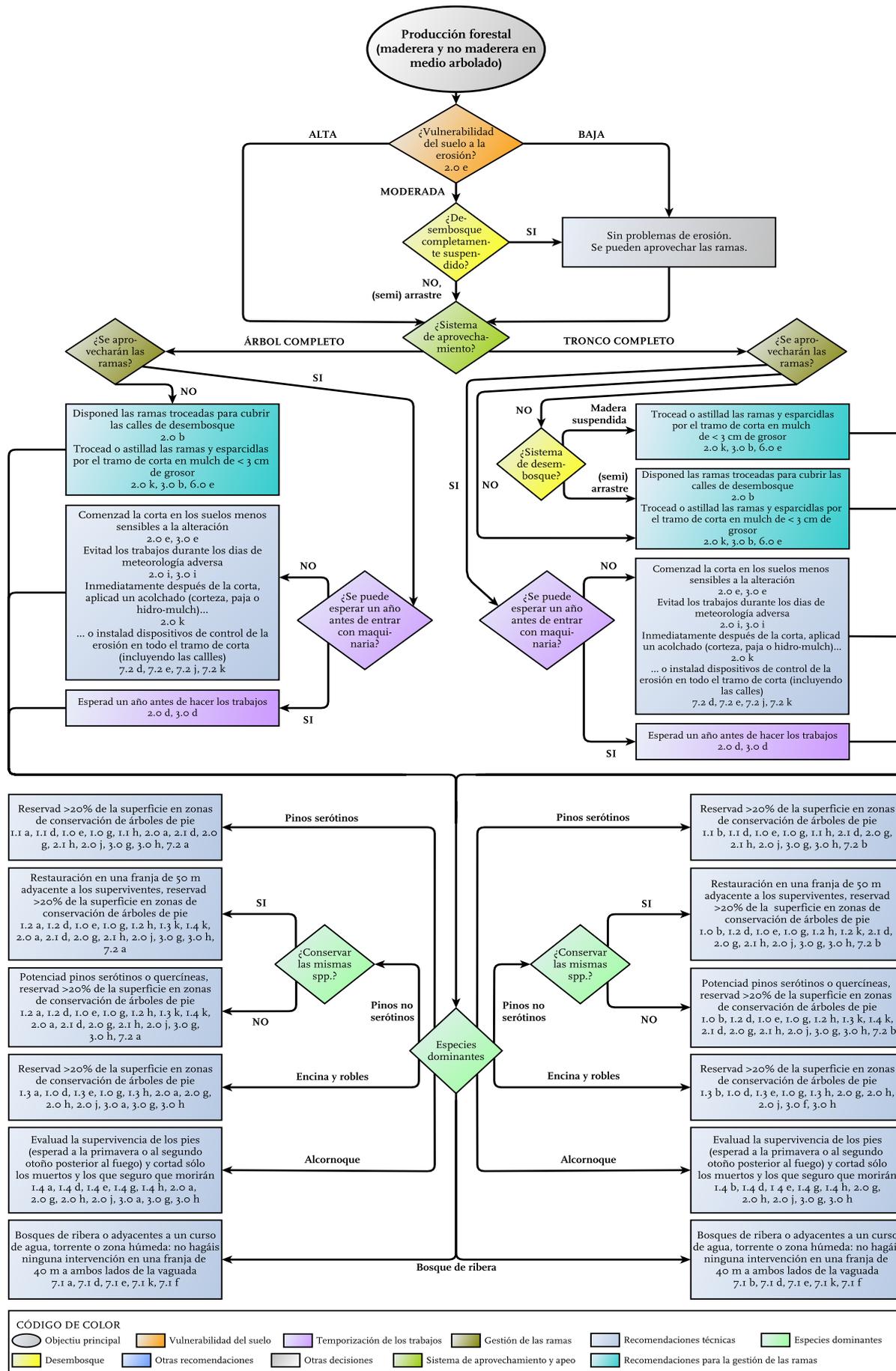
dirige al gestor hacia las mejores prácticas para reducir la cantidad de combustible disponible para un posible futuro incendio.

Inmediatamente después de un incendio el suelo es el recurso más vulnerable.¹⁶¹ Por dicho motivo la vulnerabilidad del suelo a la erosión es una cuestión clave y de las primeras a abordarse en los diagramas. El método propuesto para su evaluación es el de la *Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación*,¹ pero también se puede utilizar el de *Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas - Guía para su planificación en Galicia*.¹⁶¹ Es importante no concebir la vulnerabilidad del suelo a la erosión como un valor medio para toda la zona quemada. Al contrario, se sugiere cartografiar el área quemada en zonas que presenten una vulnerabilidad homogénea¹ y aplicar las recomendaciones particulares para cada zona.

Finalmente, la temporización de los trabajos, donde se mencionan las estaciones del año durante las cuales deberían realizarse, refleja el caso más común: los incendios de verano. Para los incendios que se producen en otras estaciones, es preciso esperar como mínimo 4 meses antes de entrar con maquinaria en las zonas de vulnerabilidad del suelo baja, 8 meses en las zonas de vulnerabilidad del suelo moderada y un año en las zonas de vulnerabilidad del suelo alta.

A continuación se presentan los 4 diagramas de flujo, uno para cada gran objetivo, imprimibles en formato A4. Se puede descargar la versión consultable en pantalla, donde cada diagrama aparece entero en una sola página (en PDF), en la [web del proyecto Anifog](#).

DIAGRAMA 1. Producción forestal (maderera y no maderera en medio arbolado)

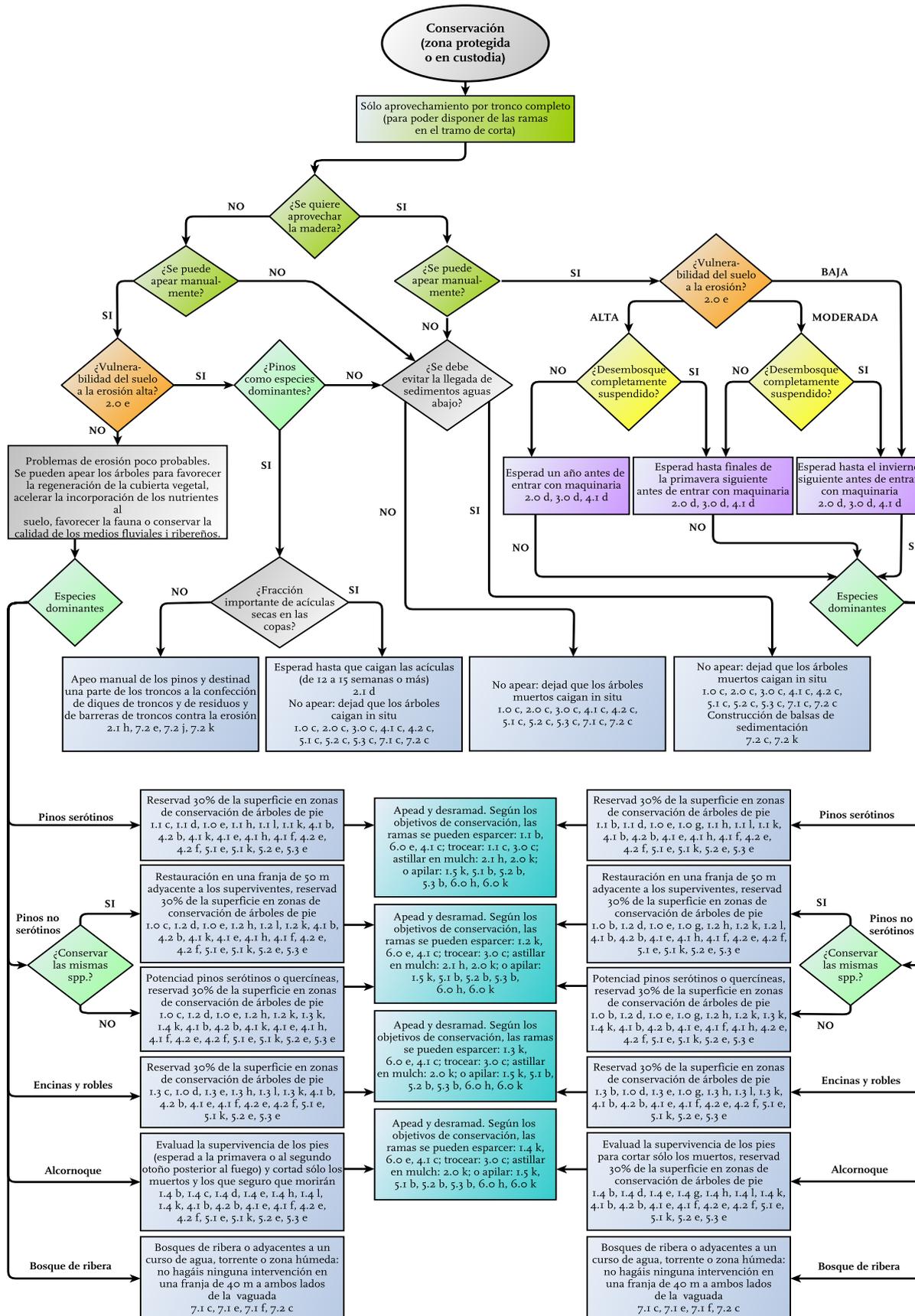


CÓDIGO DE COLOR

Objetivo principal	Vulnerabilidad del suelo	Temporización de los trabajos	Gestión de las ramas	Recomendaciones técnicas	Especies dominantes
Desembosque	Otras recomendaciones	Otras decisiones	Sistema de aprovechamiento y apeo	Recomendaciones para la gestión de las ramas	

Los códigos que aparecen en los cuadros (por ejemplo 1.4 b) corresponden a los códigos de las fichas de buenas prácticas

DIAGRAMA 2. Conservación (zona protegida o en custodia)

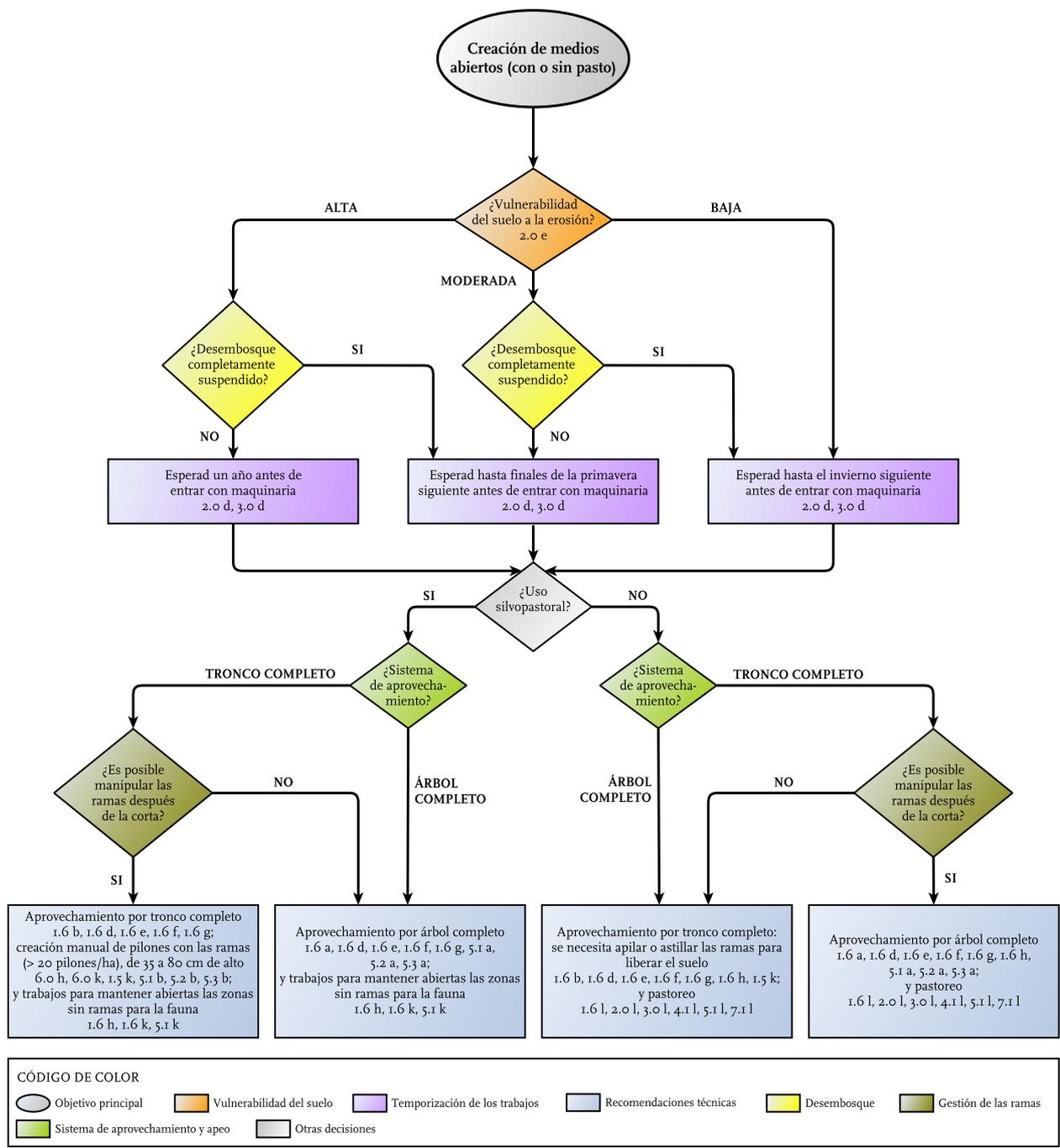


CÓDIGO DE COLOR

Objetivo principal	Especies dominantes	Temporización de los trabajos	Sistema de aprovechamiento y apeo	Desembosque	Gestión de las ramas
Recomendaciones técnicas	Otras decisiones	Vulnerabilidad del suelo	Recomendaciones para la gestión de las ramas	Recomendaciones para la gestión de los pies	

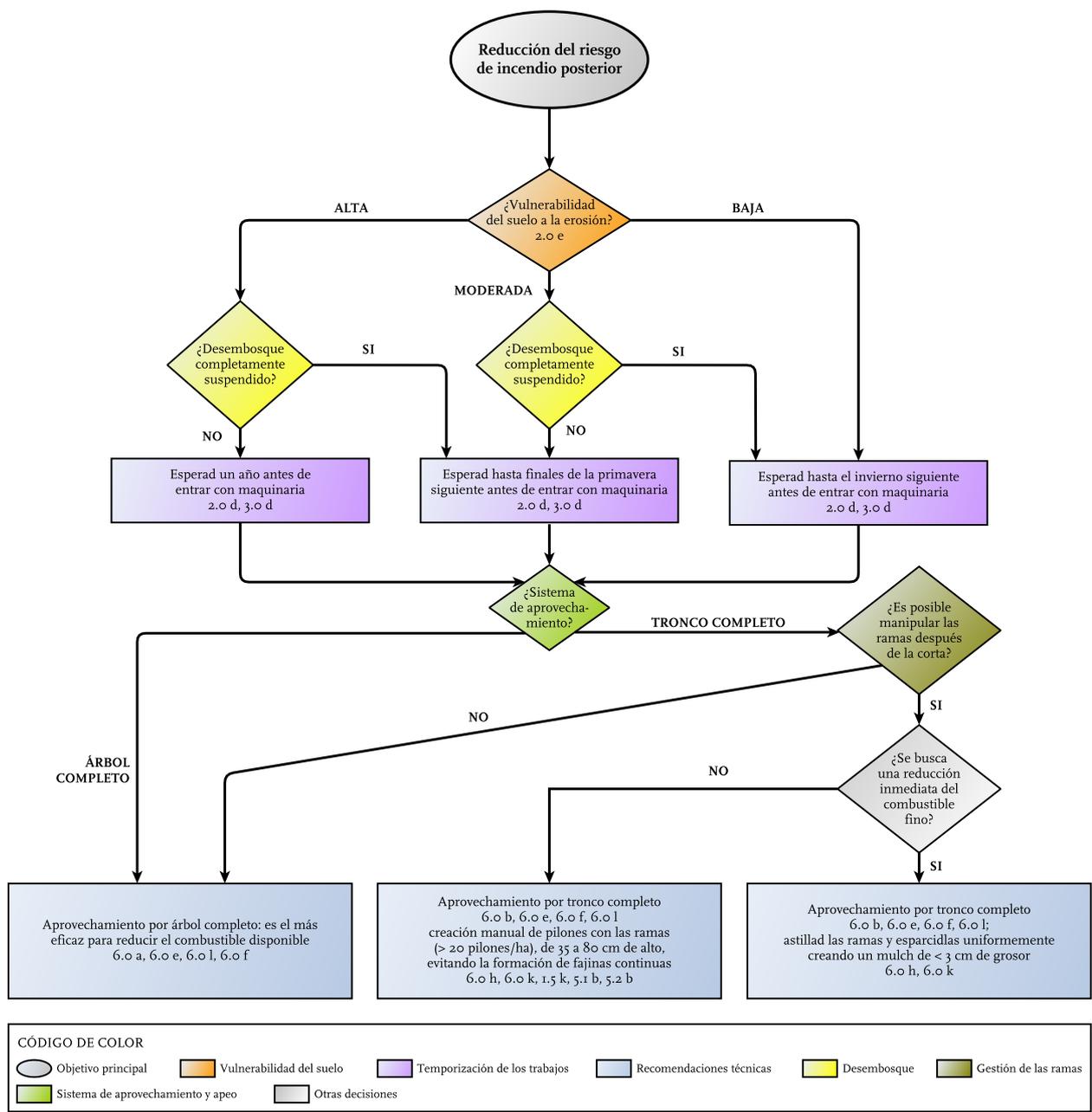
Los códigos que aparecen en los cuadros (por ejemplo 1.4 b) corresponden a los códigos de las fichas de buenas prácticas

DIAGRAMA 3. Creación de medios abiertos (con o sin pasto)



Los códigos que aparecen en los cuadros (por ejemplo 1.4 b) corresponden a los códigos de las fichas de buenas prácticas

DIAGRAMA 4. Reducción del riesgo de incendio posterior



Los códigos que aparecen en los cuadros (por ejemplo 1.4 b) corresponden a los códigos de las fichas de buenas prácticas

FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN FORESTAL POSTINCENDIO

En esta sección se presentan las fichas de buenas prácticas, donde se recogen las recomendaciones para una mejor gestión forestal postincendio. Para facilitar la relación entre las

dos partes de las fichas (los textos sobre los fundamentos y las fichas de buenas prácticas), ambas llevan los mismos nombres y están representadas por los mismos colores:

1. Regeneración de la cubierta vegetal	13
2. Reducción de la erosión del suelo	19
3. Conservación de la fertilidad del suelo	21
4. Conservación de la fauna invertebrada	23
5. Conservación de la fauna vertebrada	25
6. Reducción del riesgo de incendio posterior	27
7. Conservación de la calidad de los hábitats fluviales y de ribera	29

La mayoría de los temas de las fichas de buenas prácticas se dividen en **secciones** más precisas, identificadas con una segunda cifra (por ejemplo, según las especies arbóreas dominantes - TABLA I). Cuando la sección se refiere a las condiciones generales del tema, esta cifra es 0.

Cada ficha tiene la misma estructura y consta de **12 grupos de recomendaciones para los trabajos forestales** en relación con la corta de recuperación. Están identificadas con una letra, desde la *a* hasta la *l* (TABLA I):

- a. Sistema de aprovechamiento por árbol completo
- b. Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada
- c. Sin aprovechamiento
- d. Momento oportuno de la corta
- e. Localización de la corta
- f. Intensidad de la corta
- g. Desembosque
- h. Preparación del terreno
- i. Meteorología
- j. Pendiente
- k. Trabajos específicos
- l. Aprovechamientos silvopastorales

.....

Siempre que ha sido posible, las diferentes opciones de una recomendación se han ordenado según un gradiente decreciente de idoneidad para mitigar o evitar los impactos negativos de la corta de recuperación: **MEJOR**, **MEDIO**, **PEOR** y **EVITAR** (esta última, para indicar las acciones que nunca deberían llevarse a cabo).

No siempre se ha encontrado información para todas las recomendaciones. La mención “**General**” indica las situaciones para las que no se han encontrado recomendaciones específicas y son aplicables por tanto las recomendaciones de la sección “Condiciones generales” de aquel tema. La mención “**Sin información**” indica las situaciones para las que no se han encontrado recomendaciones específicas y las recomendaciones de la sección “Condiciones generales” no son aplicables.

Finalmente, es preciso remarcar la posibilidad de contradicción entre algunas recomendaciones. Eso se debe a que diferentes elementos del medio o diferentes objetivos pueden requerir distintas gestión. Dejamos a juicio del gestor la elección de las recomendaciones más apropiadas para sus objetivos y las más adecuadas a los medios disponibles para la ejecución de los trabajos forestales. Deberá ser consciente que la adopción de una recomendación para mitigar o evitar un impacto puede conllevar la persistencia de otro.

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.0 Condiciones generales

1.0 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Es el sistema de explotación menos recomendado, puesto que facilita una mayor exportación de biomasa.



FIGURA 4. Pinos carrascos quemados y talados esperando su aprovechamiento por árbol entero (a), zona próxima después del desembosque (b). **Imágenes:** P. Pons.

.....

☞ **MEJOR.** Dejar todos los árboles que presenten signos de vida y los que tengan la copa chamuscada. Los árboles que se dejen en pie tendrían que estar agrupados en pequeños rodales. Conservar todos los arbustos y matas quemados, y evitar circular con la maquinaria por encima de estos.

☞ **MEDIO.** Dejar solo los árboles que presenten signos de vida, pero aprovechar los que tengan la copa chamuscada. Algunos árboles que se dejen en pie pueden estar agrupados en pequeños rodales y otros, aislados. Se puede circular por encima de los arbustos quemados, pero no astillarlos ni trocearlos.

☞ **PEOR.** Cortar y exportar toda la biomasa. Astillar o trocear la biomasa restante.

1.0 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

☞ **MEJOR.** Dejar las ramas esparcidas por el tramo de corta. Dejar en pie los árboles que presenten signos de vida. Los árboles que se dejen en pie deberían estar agrupados en pequeños rodales. Los que tengan la copa chamuscada, se aconseja apearlos, desramarlos y dejar el tronco y las ramas en el suelo. Conservar todos los arbustos y matas quemados, y evitar circular con la maquinaria por encima de estos.

☞ **MEDIO.** Dejar las ramas esparcidas por el tramo de corta. Dejar en pie los árboles que presenten signos de vida. Algunos árboles que se dejen en pie pueden estar agrupados en pequeños rodales y otros, aislados. Los que tengan la copa chamuscada, se pueden apear y desramar y aprovechar el tronco, pero dejando las ramas en el suelo esparcidas uniformemente. Se puede circular por encima de los arbustos quemados, pero no astillarlos ni trocearlos.

☞ **PEOR.** Cortar y exportar toda la biomasa. Astillar o trocear la biomasa restante (arbustos y árboles pequeños).

1.0 c Sin aprovechamiento

☞ **MEJOR.** Dejar en pie un 10 % de los árboles muertos, especialmente los más grandes, y preferentemente formando pequeños rodales. El resto se pueden apear y desramar. Se aconseja dejar esparcidas uniformemente una parte de las ramas por la zona de tala,⁷⁸ y con el resto, manualmente, hacer pilas de entre 35 y 80 cm de alto, distribuidas por las vertientes sur del tramo de corta.¹³²

☞ **MEDIO.** Dejar en pie un 10 % de los árboles muertos, especialmente los más grandes, algunos en pequeños rodales y otros aislados. El resto se pueden apear y desramar, dejando las ramas esparcidas uniformemente por el tramo de corta.⁷⁸

.....

☞ **PEOR.** No hacer ninguna intervención parece ser la opción menos apropiada cuando no hay aprovechamiento postincendio.⁷⁸

1.0 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** Realizar los trabajos de corta antes de la germinación o del rebrote; así no se dañará el regenerado. Los rebrotes de tronco son menos sensibles al pisoteo.⁷⁸

En el caso de los pinos serótinicos, este intervalo de tiempo puede ser muy corto, puesto que la germinación empieza en otoño y la mortalidad debido a la corta y al desembosque puede afectar a más del 30 % del regenerado.⁴⁵

1.0 e Localización de la corta

☞ **MEJOR.** Concentrar el desplazamiento de la maquinaria dentro de las calles de desembosque a fin de dañar lo menos posible el regenerado (tanto arbóreo como arbustivo). Aplicar las buenas prácticas en cualquier exposición.

☞ **MEDIO.** Aplicar las buenas prácticas sobre todo en las vertientes sur, donde la regeneración vegetal es más lenta y puede estar más afectada por la corta de recuperación..

☞ **EVITAR.** Hay que evitar circular con la maquinaria fuera de las calles y sin poner una atención especial en las vertientes sur.



FIGURA 5. PEfectos del transporte de los árboles dentro de la parcela en ausencia de calles. **Imagen:** P. Pons.

1.0 f Intensidad de la corta

Sin información.

1.0 g Desembosque

☞ **MEJOR.** Desemboscar la madera completamente suspendida, sobre remolque de autocargador o de tractor agrícola, o en forma de paquete suspendido con cabrestante.¹²⁸ Restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles y espaciar las calles lo máximo posible. El desembosque de madera con canales es recomendable si la madera se destina a leña.¹²⁸



FIGURA 6. Desembosque en calle mediante tractor y remolque autocargador ligeros. **Imagen:** P. Pons.

☞ **MEDIO.** Desemboscar con tractor forestal por semiarrastre. Hay que acceder lo más cerca posible de los árboles talados para que estos realicen el trayecto más corto posible totalmente arrastrados.¹²⁸

☞ **EVITAR.** Evitar el arrastre de paquetes de madera troceada y de cargas excesivas. Evitar el arrastre de los troncos con tractor agrícola o forestal.¹²⁸ La compactación del suelo puede dificultar la germinación de ciertas semillas. Hay que evitar, pues, circular por los suelos arcillosos cuando están húmedos, puesto que son los más compactables, y en menor medida, por los suelos arenosos y arcillosos secos.¹²⁸

1.0 h Preparación del terreno

La preparación de terreno solo será necesaria cuando se trate de rodales de pinos no serótinicos y se desee conservar las mismas especies, o en caso de que se quiera hacer una conversión de las especies. En caso de realizar una plantación, para acelerar la recuperación de la cubierta vegetal es preferible optar por la plantación en hoyos individuales y no por el subsolado, puesto que este perturba más el suelo.

1.0 i Meteorología

Sin información.

1.0 j Pendiente

Sin información.

1.0 k Trabajos específicos

PLANTACIONES

☞ **MEJOR.** La plantación de árboles debería realizarse con el mínimo de subsolado posible: lo ideal es abrir pequeños hoyos donde se introduce el plantío. Estos hoyos deberían hacerse manualmente en pendientes de más del 20 % y en lugares con alto riesgo de erosión del suelo. En pendientes de menos del 20 %, los hoyos se pueden abrir mecánicamente.⁴⁶

GESTIÓN DE LOS RESTOS Y ABRIGOS VEGETALES

La aplicación de abrigos vegetales (mulch), ya sean de restos astillados (madera, ramas o corteza) o de paja de cereal, no afecta negativamente a la regeneración de la cubierta vegetal.^{43,44}

☞ **EVITAR.** En los casos de aprovechamiento por tronco completo o por madera troceada, no quemar in situ los restos de la corta, puesto que eso retarda la recuperación del recubrimiento y de la riqueza de la cubierta vegetal.⁹

CLAREOS Y SELECCIONES DE REBROTOS

Los clareos y las selecciones de rebrotos disminuyen significativamente la fracción de cabida cubierta del regenerado. No obstante, estas prácticas pueden mejorar la salud del rodal y del ecosistema, incrementar la resistencia y la resiliencia a los incendios y crear paisajes más heterogéneos que permiten una gestión preventiva.³⁵

☞ **EVITAR.** Hay que evitar el clareo o la selección de rebrotos antes de que el suelo esté cubierto por hojarasca, hierbas o arbustos en más de un 60%, y que se reduzca la fracción de cabida cubierta a menos del 60%.

1.0 | Aprovechamientos silvopastorales

El pastoreo en los bosques en regeneración después de quemados puede retrasar el crecimiento vegetal por el consumo de los meristemas apicales, sobre todo por parte de ovejas y cabras, mientras que las vacas y los caballos prefieren el consumo de plantas herbáceas. El regenerado es más sensible durante los primeros 5 años de vida. Estos daños son más frecuentes durante los años secos.¹⁷² Recomendamos consultar las fichas sobre las especies arbóreas para las particularidades de cada una.

☞ **MEJOR.** No permitir el pastoreo en las masas forestales en regeneración mientras los meristemas apicales de los árboles estén al alcance del ganado. Los modelos de gestión forestal (ORGEST) proponen acotar los pastos los primeros 5 años.^{11,12,118,119,162-164}

☞ **MEDIO.** La medida de prohibición se puede anular durante los años más lluviosos, puesto que el ganado tiene más vegetación disponible.

☞ **PEOR.** Permitir el pastoreo. Aunque los árboles se protejan con protectores individuales, se puede retrasar la recuperación de la cubierta arbustiva y herbácea.

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.1 Pinos serótinicos

1.1 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Sobre el aprovechamiento por árbol completo no se dispone de estudios que analicen su impacto sobre la regeneración de la cubierta vegetal. Si el aprovechamiento se hace al poco del fuego, se puede esperar una menor densidad del regenerado por el hecho de exportar las ramas con piñas que no se habían abierto durante el incendio y que lo harían después, liberando los piñones en el tramo de corta. Además, la ausencia de residuos de corta crea un medio menos propicio a la supervivencia del regenerado, y estos efectos negativos son aún más importantes si la corta se produce después de un segundo incendio (15 años o menos y con presencia de piñas fértiles).¹⁵¹

De lo contrario, si el aprovechamiento se hace más tarde, se pueden causar más daños al plantío que ya se ha establecido.

1.1 b Sistema d'aprofitament per tronc sencer/fusta trocejada

El aprovechamiento por tronco completo o por madera troceada no pone en peligro la recuperación de la cubierta vegetal de **pino carrasco** o de **pino marítimo** después de un incendio, aunque se realice una vez las plántulas ya hayan germinado (después de un incendio de verano, estos pinos germinan mayoritariamente durante los 6 meses después del incendio, durante el otoño y el invierno).¹⁵⁸ Si la corta se produce después de un segundo incendio (15 años o menos y con presencia de piñas fértiles), la supervivencia del regenerado sí se ve negativamente afectada por los impactos cumulativos de las tres perturbaciones, incluso con la atenuación aportada por los restos dejados en el tramo de corta.¹⁵¹

.....

En un aprovechamiento de **pino carrasco** realizado 10 meses después del incendio, con tala manual, desembosque con tracción animal (mulas) y apilamiento manual de las ramas, se logró una densidad de 33.000 plántulas/ha 4 años después del fuego, a pesar de una mortalidad del 62 %⁹⁴ (aunque sin intervención se observan mortalidades del 30 al 40 % entre 4 y 6 años después del fuego, y densidades de entre 7.000 y 30.000 plántulas/ha).¹⁵⁸ De manera similar, en un aprovechamiento de **pino marítimo** 7 meses después del incendio, realizado en pleno periodo de germinación y de crecimiento inicial de las plántulas, al cabo de 3 años la mortalidad fue del 61 % y la densidad del plantío era 5,5 veces superior en la zona talada que en la zona donde solo se habían apeado y desramado los árboles.²⁰ Esta mortalidad inicial podría ser benéfica, reduciendo la densidad del plantío y facilitando así los clareos de plantío que se realizan subsiguientemente. En algunos casos se observa un menor crecimiento en altura durante los primeros años (respecto a rodales quemados y no talados),⁴⁵ y en otros casos este se acelera.¹⁰¹

Con el aprovechamiento por tronco completo o por madera troceada la influencia principal del sistema de aprovechamiento es la cantidad de ramas que se dejan en el suelo, que crean las condiciones microclimáticas favorables a la regeneración del **pino carrasco**¹¹³ y del **pino marítimo**,²⁰ aportan piñas que de lo contrario serían exportadas, no ofrecen competencia radicular y reducen a competencia interespecífica causada por los arbustos rebrotadores.¹⁵¹ Por regla general, deberían dejarse más ramas en las vertientes sur y en los rodales donde el área basal antes del incendio era menor.

☞ **MEJOR.** Dejar las ramas esparcidas, recubriendo entre el 50 y el 75 % del suelo. Con este recubrimiento se pueden obtener densidades de regenerado hasta 100 veces superiores que con un recubrimiento inferior al 1 %.¹¹³

☞ **MEDIO.** Si se quiere exportar una parte de las ramas para biomasa, procurar dejar las ramas recubriendo al menos entre el 25 y el 50 % del suelo en los sitios donde la regeneración de los pinos puede ser más escasa: en las vertientes sur, en los rodales con una área basal débil antes del incendio y en las pendiente sin bancales.¹¹³

☞ **PEOR.** Se puede exportar toda la biomasa, pero dejar ramas que cubran entre el 1 y el 25 % del suelo tiene efectos significativos sobre la regeneración en comparación con la exportación de toda la biomasa.¹¹³

☞ **EVITAR.** No amontonar las ramas en pilas mediante un buldócer si la germinación ya ha empezado, puesto que se puede destruir buena parte del regenerado.⁴⁵ Esta opción es más perjudicial para el regenerado que el astillado de los residuos.^{45,160}

1.1 c Sin aprovechamiento

Optando por no efectuar ningún aprovechamiento se obtendrán una densidad y una supervivencia mayores de plantío, pero no siempre en el caso del **pino marítimo**,¹⁹ dependiendo del tratamiento que se haga de la biomasa.

☞ **MEJOR.** Se aconseja apearse el 90 % de los árboles y desramarlos, y dejar las ramas esparcidas por el suelo, cubriendo aproximadamente el 45 % de la superficie a una altura entre 0 y 10 cm y el 60 % de la superficie a una altura de 11 a 50 cm.⁹⁰ Así se reducen la radiación solar y la temperatura del suelo, al mismo tiempo que se aumenta su humedad.²⁰ Es como se consigue un plantío con más vigor, mayor en crecimiento y tamaño, y un número de piñas más elevado.

☞ **MEDIO.** Una práctica menos costosa podría ser apearse los árboles pero no desramarlos. Esta opción podría reducir el grado de protección que recibe el plantío, puesto que según parece las ramas son más eficientes cuando están cercanas al suelo.

Trocear la madera no es necesario. En algunos casos esto favorece la nutrición de las plántulas,⁹⁰ pero en otros podría ser contraproducente.²⁰ No obstante, el astillado de las ramas, con la consiguiente apertura de las piñas, puede favorecer la aparición de una segunda cohorte si la primera presenta mucha mortalidad.⁴⁵ Un caso particular es el del **pino marítimo** con baja proporción de piñas serótinas o en rodales donde las copas hayan quedado poco chamuscadas, puesto que el astillado de las ramas puede abrir las piñas cerradas y liberar piñones que de lo contrario no habrían germinado.^{45,158}

☞ **PEOR.** La opción de no apearse ningún árbol es menos interesante que las anteriores. Presenta una menor supervivencia del plantío, posiblemente debido a una mayor sombra sobre el regenerado de estas especies de pino, poco tolerantes a la sombra. No obstante, esta densidad es suficiente para regenerar el rodal.²⁰ En los años siguientes, a medida que los árboles muertos caen, pueden resultar dañados hasta el 25 % de los brinzales.⁴⁵

1.1 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** El mejor momento para realizar las cortas de recuperación sería antes de la germinación de los pinos.¹⁹ Este intervalo puede ser muy corto, puesto que la germinación empieza a finales de otoño.⁴⁵ En el centro de la Península Ibérica, este momento de tala permite que 10 años después del incendio sobrevivan el 45 % de los brinzales de **pino marítimo**.¹⁹

☞ **MEDIO.** La supervivencia de los pinos a las operaciones de corta, desembosque y gestión de los residuos está directamente relacionada con su altura y, probablemente, con el desarrollo de

.....

su sistema radicular. Así, parece ser que retrasar la tala hasta 12 meses después del incendio facilita una mayor supervivencia del **pino marítimo**,⁴⁵ y seguramente también del pino carrasco. No obstante, realizar la tala a principios o a mediados de verano puede suponer un riesgo de mortalidad por estrés hídrico, por el incremento de la exposición a la radiación solar, sobre todo si el verano acaba siendo más seco de lo normal.¹⁵⁸

☞ **PEOR.** El periodo de mayor sensibilidad del plantío son los primeros meses después de la germinación. Sería aconsejable no realizar los trabajos forestales durante esos meses (a partir de noviembre), a no ser que el plantío sea muy denso y su destrucción parcial causada por la maquinaria permita conservar una densidad suficiente para asegurar un regenerado de 2.000 pies/ha al cabo de 10 años.¹⁹ Diez años después del incendio, en el centro de la Península Ibérica, solo sobrevivieron el 20 % de los brinzales de **pino marítimo** germinados tras un incendio, cuando las cortas se habían realizado de noviembre a enero.

1.1 e Localización de la corta

General.

1.1 f Intensidad de la corta

Sin información.

1.1 g Desembosque

General.

1.1 h Preparación del terreno

Debido a la abundante regeneración postincendio de estas especies, no es preciso efectuar una preparación del terreno.

1.1 i Meteorología

Sin información

1.1 j Pendiente

Sin información.

1.1 k Trabajos específicos

El clareo del pimpollar acelera el proceso para conseguir una masa similar a la de antes del incendio, aumenta el banco aéreo de semillas y el crecimiento³⁵ y promueve la diversidad del hábitat.⁹⁹

1.1 l Aprovechamientos silvopastorales

Los brinzales de pino son compatibles con el pastoreo de vacas y caballos, pero no con el de ovejas y cabras.

☞ **MEJOR.** Acotar el pastoreo durante los 5 años posteriores al incendio.¹¹

☞ **MEDIO.** Acotar el pastoreo durante los 2 o 3 años posteriores al incendio para poder controlar cómo se desarrolla la regeneración.¹⁵⁸

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.2 Pinos no serótinicos

1.2 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Puesto que el establecimiento de plántulas de estas especies después del incendio es escaso, y ello en una amplia variedad de condiciones de competición con la vegetación,¹²³ y que el banco aéreo de piñones no sobrevive al fuego, el aprovechamiento por árbol completo tiene poco impacto en la recuperación de dichas especies. Véase cuál es el momento más oportuno para realizar la corta en rodales de estas especies en la recomendación “1.2 d Momento oportuno de la corta”.

☞ **MEJOR.** Conservar los pinos vivos en los parches de vegetación no quemada y en los bordes no quemados, ya que pueden dispersar sus semillas sobre una estrecha franja adyacente.

1.2 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

General.

1.2 c Sin aprovechamiento

General.

1.2 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** En el caso del **pino salgareño** y del **pino silvestre**, dado que la dispersión de los piñones se produce de marzo a junio, la corta de recuperación en la franja adyacente a menos de 50 m de los pinos no quemados debería llevarse a cabo antes de la primavera del año posterior al incendio.

.....

Eso evitaría la destrucción del regenerado que se hubiera podido instalar y al mismo tiempo podría destruir la vegetación heliófila ya implantada, que haría sombra al regenerado de pino.

En el caso del **pino piñonero**, como la dispersión de los piñones empieza en otoño, la corta de recuperación en la franja adyacente a menos de 20 m de los pinos no quemados debería llevarse a cabo tan pronto como fuera posible, para evitar la destrucción del regenerado que hubiera podido germinar aquel mismo otoño.

1.2 e Localización de la corta

General.

1.2 f Intensidad de la corta

Sin información.

1.2 g Desembosque

General.

1.2 h Preparación del terreno

En caso de realizar una plantación para recuperar la composición de la masa de antes del incendio o para realizar una conversión del rodal, para acelerar la recuperación de la cubierta vegetal es preferible optar por la plantación en hoyos individuales y no por el subsolado, que perturba más el suelo.

1.2 i Meteorología

Sin información.

1.2 j Pendiente

Sin información.

1.2 k Trabajos específicos

☞ **MEJOR.** Conservar todos los pinos vivos y los que muestren partes de la copa no chamuscada. El **pino piñonero** es el que sobrevive mejor a los incendios de copa y es frecuente que haya pequeños grupos de pinos vivos, importantes para regenerar las zonas quemadas.¹²³

Si se opta por la plantación de pinos con el fin de recuperar la cubierta vegetal, hay que evaluar económicamente si es rentable la corta de recuperación en casos donde el valor de la madera sea bajo. Si no se puede obtener beneficio de la madera, es posible que el escenario menos costoso sea dejar los árboles en pie y volver 4 años después del incendio para hacer una excavación mecanizada de los hoyos y una plantación manual de coníferas.⁷⁹

Una opción para los pinares no serótinos quemados con débil regenerado y con ausencia de rebrotadoras es la conversión a encinar o robledo mediante la siembra de bellotas. El inconveniente de este método es la depredación de las semillas, mayoritariamente por roedores y en menor medida por jabalíes (una relación de 25 a 1).⁷⁷

☞ **MEDIO.** Los roedores se aventuran menos en las zonas sin cubierta vegetal. Así pues, en las zonas donde se siembren bellotas, se recomienda recolectar toda la biomasa posible. La depredación por los jabalíes será mayor, así que este método puede dar peores resultados en los lugares con altas densidades de jabalí.

☞ **EVITAR.** Hay que evitar la creación de un hábitat complejo dejando troncos y ramas quemados en el suelo del tramo de corta. Esto disminuye la depredación por los jabalíes, que se encuentran con obstáculos, pero aumenta la de los roedores, que se encuentran protegidos de los depredadores. El uso de capsaicina como repelente de mamíferos no aporta ninguna protección adicional.

1.2 l Aprovechamientos silvopastorales

Los brinzales de pino son compatibles con el pastoreo de vacas y caballos, pero no con el de ovejas y cabras.

☞ **MEJOR.** En las franjas adyacentes a los parches de vegetación no quemada y en los bordes no quemados, acotar el pastoreo durante los 5 años posteriores al incendio.^{12,118,119} En el resto de superficie el pastoreo dependerá de la vegetación que se quiera regenerar.

☞ **MEDIO.** En las franjas adyacentes a los parches de vegetación no quemada y en los bordes no quemados, acotar el pastoreo durante los 2 o 3 años posteriores al incendio para poder controlar cómo se desarrolla la regeneración.¹⁵⁸ En el resto de superficie el pastoreo dependerá de la vegetación que se quiera regenerar.

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.3 Encinas y robles (excepto alcornoques)

1.3 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Para favorecer el rebrote, hay que cortar a ras del suelo, con cortes limpios, lisos, sin desgarros, que favorezcan la evacuación del agua de lluvia.¹⁶³

Es el sistema de explotación menos recomendado, puesto que facilita una mayor exportación de biomasa.

1.3 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

Para favorecer el rebrote, hay que cortar a ras del suelo, con cortes limpios, lisos, sin desgarros, que favorezcan la evacuación del agua de lluvia.¹⁶³

1.3 c Sin aprovechamiento

Se puede optar por dejar los pies erguidos o apeados. En este caso hay que cortarlos a ras del suelo, con cortes limpios, lisos, sin desgarros, que favorezcan la evacuación del agua de lluvia.¹⁶³

1.3 d Momento oportuno de la corta

General.

1.3 e Localización de la corta

Los rebrotes son más abundantes en suelos profundos y de fondos de valle que en suelos someros, y también en las vertientes norte más que en las vertientes sur. La pluviometría total no parece afectar al número de rebrotes, pero sí la distribución de los episodios de lluvia: si estos episodios están más distribuidos en el tiempo, el número de rebrotes será superior.³⁹ Así, en caso de practicar una selección de rebrotos, será necesaria una mayor intensidad de la clara en suelos profundos y de vertiente norte.

1.3 f Intensidad de la corta

Sin información.

1.3 g Desembosque

General.

1.3 h Preparación del terreno

Debido a la abundante regeneración postincendio de estas especies no es preciso efectuar una preparación del terreno.

1.3 i Meteorología

Sin información.

1.3 j Pendiente

Sin información.

1.3 k Trabajos específicos

Para aumentar la producción de bellotas y **encaminar así el rodal hacia un monte alto**, hay que realizar una selección de rebrotes de las encinas y de los robles y dejar 2 o 3 retoños por cepa para disminuir el vigor de los renuevos.⁴¹ Aunque la selección de rebrotes aumenta

.....

su crecimiento en diámetro y en altura, la producción de biomasa y el incremento del área basal son superiores en los rodales sin selección de rebrotes. Si lo que se busca es acumular el máximo de biomasa rápidamente y obtener una elevada fracción de cabida cubierta, no debe realizarse una selección de rebrotes antes de que el suelo esté cubierto por hojarasca, hierbas o arbustos en más de un 60 %, y es preciso evitar que se reduzca la fracción de cabida cubierta a menos del 60 %.³⁵

CONVERSIÓN A ENCINARES O ROBLEDOS

Si los **rodales quemados son de pinos no serótinicos**, se pueden reconvertir a robledo o encinar con un bajo coste mediante la dispersión de bellotas realizada por los arrendajos, siempre y cuando existan rodales de robles o de encinas en las cercanías. El arrendajo es uno de los principales agentes de dispersión de bellotas, a distancias que pueden llegar a centenares de metros. El sistema de aprovechamiento influirá en la dispersión de estas semillas:

☞ **MEJOR.** No realizar ninguna intervención en el pinar quemado es la manera de obtener una mayor densidad de plántulas de roble y de encina. Los pinos quemados y en pie proporcionan un cierto hábitat a los arrendajos.²²

☞ **MEDIO.** Conservar en pie la totalidad de los árboles vivos y más del 10 % de los árboles quemados (o más de 150 pies/ha), dejando en el suelo las ramas de los árboles cortados, para atraer suficientes arrendajos. Aun así, la densidad de plántulas obtenida será menor que si no se lleva a cabo ninguna intervención.²² Si no existe interés por ciertos troncos quemados y apeados, hay que apilarlos dentro de la zona quemada.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar la corta de recuperación que deje un 10 % o menos de los árboles en pie, y llevarse las ramas o trocearlas *in situ*.²²

1.3 | Aprovechamientos silvopastorales

En caso de que se recepen los robles o las encinas, será necesario excluir del pastoreo el tramo de corta hasta que las yemas apicales estén fuera del alcance del ganado,²³ y por ello habrá que acotar el acceso a rebaños al menos los primeros 5 años.¹⁶³

En el caso de selecciones de rebrotes (después del recepe) y claras en modelos regulares, puede ser interesante dejar que se paste en la zona tratada durante el primer y el segundo año posteriores a estos trabajos, para controlar los renuevos.¹⁶³

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.4 Alcornoques

1.4 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Gracias a su gran capacidad de regeneración, antes de cortar un pie hay que estar seguros de su viabilidad futura. En general conviene esperar a la primavera e incluso al segundo otoño posterior al fuego para valorar el estado sanitario del arbolado y tomar una decisión. Si el corcho prácticamente se ha consumido, se abre y se desprende del tronco, el cámbium estará muerto. Si la superficie de capa madre muerta es amplia, superior al 40 % de la circunferencia, los pies habrán perdido su viabilidad y rentabilidad económica. Entonces hay que considerar la opción de cortar el árbol y reconstituirlo a partir de rebrotes. En muchos casos, los rebrotes de tronco se producirán casi inmediatamente y con bastante vigor.¹⁶²

Para favorecer el rebrote, es preciso cortar a ras de suelo, con cortes limpios, lisos, sin desgarros, que favorezcan la evacuación del agua de lluvia.¹⁶³

1.4 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

Gracias a su gran capacidad de regeneración, antes de cortar un pie hay que estar seguros de su viabilidad futura. En general conviene esperar a la primavera, e incluso al segundo otoño posterior al fuego, para valorar el estado sanitario del arbolado y tomar una decisión. Si el corcho prácticamente se ha consumido, se abre y se desprende del tronco, el cámbium estará muerto. Si la superficie de capa madre muerta es amplia, superior al 40 % de la circunferencia, los pies habrán perdido su viabilidad y rentabilidad económica. Entonces hay que considerar la opción de cortar el árbol y reconstituirlo a partir de rebrotes. En muchos casos los rebrotes de tronco se producirán casi inmediatamente y con bastante vigor.¹⁶²

.....

Para favorecer el rebrote, hay que cortar a ras del suelo, con cortes limpios, lisos, sin desgarros, que favorezcan la evacuación del agua de lluvia.¹⁶³

1.4 c Sin aprovechamiento

Gracias a la alta capacidad de regeneración de los alcornoques, no realizar un aprovechamiento maderero es la opción más conveniente cuando la severidad del fuego sobre estos árboles ha sido baja o moderada. No obstante, antes de cortar un pie es necesario asegurarse de su vitalidad futura. En general conviene esperar a la primavera e incluso al segundo otoño posterior al fuego para tomar una decisión. Si el corcho prácticamente se ha consumido, se abre y se desprende del tronco, el cámbium estará muerto. Si la superficie de la capa madre muerta es amplia, superior al 40 % de la circunferencia, los pies habrán perdido su vitalidad y rentabilidad económica. Entonces es necesario considerar la opción de apearse el árbol y reconstituirlo a partir de rebrotes. En muchos casos los retoños se producirán casi inmediatamente y con bastante vigor.¹⁶²

Para favorecer el rebrote, hay que cortar a ras del suelo, con cortes limpios, lisos, sin desgarros, que favorezcan la evacuación del agua de lluvia.¹⁶³

1.4 d Momento oportuno de la corta

Los alcornoques son más sensibles al fuego durante el periodo de máxima actividad biológica, de marzo a junio.²³ Si el incendio se produce en primavera, la recuperación de la cubierta puede ser más difícil, puesto que las yemas epicórmicas situadas en las ramas y en el tronco morirán y los rebrotes se producirán desde las yemas situadas en la cepa o en el cuello de la raíz, que sobreviven más al fuego.

1.4 e Localización de la corta

Los alcornoques en exposición sur son más vulnerables al fuego que los de las vertientes norte.

1.4 f Intensidad de la corta

Sin información.

1.4 g Desembosque

En el momento de realizar el desembosque (un año o más después del incendio) los alcorno-

.....

ques supervivientes ya habrán rebrotado, y será necesario tener cuidado para no dañarlos. Debe concentrarse el desplazamiento de la maquinaria dentro de las calles de desembosque, a fin de dañar lo menos posible los rebrotes (tanto arbóreos como arbustivos).

1.4 h Preparación del terreno

Debido a la abundante regeneración postincendio de estas especies no es preciso efectuar una preparación del terreno.

1.4 i Meteorología

Sin información.

1.4 j Pendiente

Sin información.

1.4 k Trabajos específicos

En caso de recepar los alcornoques para mejorar la producción de corcho, aumentar la producción de bellotas y conducir el rodal hacia un monte alto, hay que practicar una selección de rebrotes. Deben dejarse 2 o 3 retoños por cepa para disminuir el vigor de los renuevos,⁴¹ y seleccionar los retoños rectos, que crezcan sobre la cepa, espaciados entre ellos como mínimo 50 cm.¹⁶² Aunque la selección de rebrotes aumenta su crecimiento en diámetro y en altura, la producción de biomasa y el incremento del área basal son superiores en los rodales sin selección de rebrotes. Si lo que se busca es acumular el máximo de biomasa rápidamente y obtener una elevada fracción de cabida cubierta, no debe realizarse una selección de rebrotes antes de que el suelo esté cubierto por hojarasca, hierbas o arbustos en más de un 60 %, y es preciso evitar que se reduzca la fracción de cabida cubierta a menos del 60 %.³⁵

CONVERSIÓN A ALCORNOCALES

Si los **rodales quemados son de pinos no serótinos**, se pueden reconvertir a rodales de alcornoques con un bajo coste mediante la dispersión de bellotas realizada por los arrendajos, siempre y cuando existan rodales de alcornoques en las cercanías. El arrendajo es uno de los principales

.....

agentes de dispersión de bellotas, a distancias que pueden llegar a centenares de metros. El sistema de aprovechamiento influirá en la dispersión de estas semillas:

☞ **MEJOR.** No realizar ninguna intervención en el pinar quemado es la manera de obtener una mayor densidad de plántulas de alcornoque. Los pinos quemados y en pie proporcionan un cierto hábitat a los arrendajos.²²

☞ **MEDIO.** Conservar en pie la totalidad de los árboles vivos y más del 10 % de los árboles quemados (o más de 150 pies/ha), dejando en el suelo las ramas de los árboles cortados, para atraer suficientes arrendajos. Aun así, la densidad de plántulas obtenida será menor que si no se lleva a cabo ninguna intervención.²² Si no existe interés por ciertos troncos quemados y apeados, hay que apilarlos dentro de la zona quemada.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar la corta de recuperación que deje un 10 % o menos de los árboles en pie, y llevarse las ramas o trocearlas *in situ*.²²

1.4 | Aprovechamientos silvopastorales

En caso de que se recepen los alcornoques, será necesario excluir del pastoreo el tramo de corta hasta que las yemas apicales estén fuera del alcance del ganado,²³ y por ello habrá que acotar el acceso a rebaños al menos los primeros 5 años.¹⁶³

En el caso de selecciones de rebrotes (después del recepe) y claras en modelos regulares, puede ser interesante dejar que se pascen en la zona tratada durante el primer y el segundo año posteriores a estos trabajos, para controlar los renuevos.¹⁶³

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.5 Vegetación de sotobosque

1.5 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

General.

1.5 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

General.

1.5 c Sin aprovechamiento

General.

1.5 d Momento oportuno de la corta

General.

1.5 e Localización de la corta

General.

1.5 f Intensidad de la corta

Sin información.

1.5 g Desembosque

General.

1.5 h Preparación del terreno

General.

1.5 i Meteorología

Sin información.

1.5 j Pendiente

Sin información.

1.5 k Trabajos específicos

Las ramas de los árboles talados se pueden utilizar para construir pilas o fajinas. Estas pilas, de entre 35 y 80 cm de alto, tienen poco efecto sobre el control de la erosión (véase la ficha “7.2 Dispositivos de control de la erosión”), pero atraen a pájaros frugívoros que dispersan las semillas de plantas de fruto carnoso (posiblemente por su similitud con los arbustos). Así, debajo de estas pilas la densidad de semillas es similar a la que se encuentra en el suelo de los bosques adyacentes no quemados. Debajo de los árboles aislados dejados en pie en la zona quemada es donde la densidad de semillas es más baja, y se han medido densidades intermedias en los grupos de árboles quemados no cortados y en las áreas abiertas (entre pilones). Así, no parece que los árboles quemados en pie aislados sean utilizados por los pájaros frugívoros como perchas,¹³⁶ pero sí por otras especies con regímenes alimentarios diferentes para buscar comida, posarse y nidificar, y como lugar de vigilancia.⁸⁴

Los efectos de las pilas son significativos en las vertientes sur, donde se consigue un recubrimiento de plantas de fruto carnoso casi tan elevado como en las vertientes norte fuera de las

.....

pilas. Las pilas más altas son mejores para reclutar plantas de fruto carnoso. El efecto de estas pilas (que en el estudio cubrían entre el 5 y el 10 % de la superficie quemada) es independiente de la distancia al bosque no quemado. Así pues, pueden servir para que plantas de fruto carnoso



FIGURA 7. Pilones realizados en abril de 2017 con ramas quemadas (a) y justo un año después (b), en un pinar de pino piñonero con alcornoces incendiado en julio de 2016. **Imágenes:** P. Pons.



.....

recolonicen las áreas más interiores de las zonas quemadas, y no solo en las pilas mismas sino también entre ellas.^{132,136}

En los montes bajos de madroño se puede practicar una selección de rebrotes para acelerar el crecimiento, siendo conscientes que será necesario practicar una segunda selección al año siguiente y que los rebrotes del segundo año serán más numerosos cuanto más intensa haya sido la primera selección. Desbrozar el sotobosque no tiene ningún impacto.¹²¹

1.5 I Aprovechamientos silvopastorales

General.

1. REGENERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

1.6 Conversión de áreas arboladas en medios abiertos

1.6 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

El sistema de aprovechamiento por árbol completo favorece la conversión de rodales quemados, especialmente de pinos no serótinos, en medios abiertos, sobre todo en incendios de severidad elevada. Gracias a la eliminación de las ramas se facilita el uso silvopastoral posterior de la zona quemada.

En incendios menos severos, en que parte de los árboles maduros permanecen vivos, se puede talar una parte de estos supervivientes para asegurar una conversión a dehesa, matorral o herbazal.

Para la conversión a dehesa, las densidades sugeridas de pies maduros vivos (o chirpiales, en caso de encinares y robledos tras una corta a matarrasa) a retener en el momento de la corta de recuperación son:^{6,40,57}

Encinas y robles: entre 400 y 1.000 chirpiales/ha seleccionados, o una fracción de cabida cubierta inferior al 60 %.

Pino salgareño y pino silvestre: entre 350 y 650 pinos/ha.

Pino piñonero: entre 100 y 300 pinos/ha.

1.6 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

El sistema de aprovechamiento por tronco entero favorece la conversión de rodales quemados, especialmente de pinos no serótinos, en medios abiertos, sobre todo en incendios de severidad

.....

elevada. La conservación de las ramas puede dificultar el uso silvopastoral posterior de la zona quemada.

En incendios menos severos, en que parte de los árboles maduros permanecen vivos, se puede talar una parte de estos supervivientes para asegurar una conversión a dehesa, matorral o herbazal.

Para la conversión a dehesa, las densidades sugeridas de pies maduros vivos (o chirpiales, en caso de encinares y robledos tras una corta a matarrasa) a retener en el momento de la corta de recuperación son:^{6,40,57}

Encinas y robles: entre 400 y 1.000 chirpiales/ha seleccionados, o una fracción de cabida cubierta inferior al 60 %.

Pino salgareño y pino silvestre: entre 350 y 650 pinos/ha.

Pino piñonero: entre 100 y 300 pinos/ha.

1.6 c Sin aprovechamiento

PINOS SERÓTINOS

En los rodales de pinos serótinicos sin aprovechamiento, la conversión en medios abiertos se puede realizar mediante la quema prescrita del repoblado, del monte bravo o del latizal antes de la producción de piñas, o más fácilmente en los rodales de pino marítimo con débil proporción de piñas serótinicas.^{4,158}

PINOS NO SERÓTINOS

En los rodales de pinos no serótinicos sin aprovechamiento, la conversión en medios abiertos después del fuego dependerá de la severidad del incendio y de la presencia de rebrotadoras. En severidades débiles (sobre todo si están presentes pinos maduros) y con encinas o robles como especies acompañantes, estos pinares solo permanecen abiertos temporalmente.^{5,6,57}

Con todo, no realizar ningún aprovechamiento supone la caída progresiva de los árboles, que se acelera a partir del tercer año postincendio. Todos estos restos pueden dificultar acciones posteriores que busquen mantener un medio abierto, como el pastoreo (por dificultar el movimiento del ganado) o las quemas prescritas para suprimir el regenerado arbóreo (por la mayor carga de combustible en la zona; esto puede ser perjudicial o beneficioso para la quema, según el caso).

ENCINARES Y ROBLEDOS

En los encinares y robledos donde no se realiza ningún aprovechamiento postincendio las probabilidades que estos transiten hacia un matorral o herbazal son bajas. Después del fuego las rebrotadoras ocuparán rápidamente el espacio, creando un monte cerrado de encina o roble transitorio hacia un monte bajo cerrado.⁴⁰

1.6 d Momento oportuno de la corta

Si lo que se busca es reducir la cubierta arbórea del futuro rodal, el momento más oportuno de la corta parecería ser un año después del incendio, momento en que el regenerado ya está establecido y puede ser parcialmente dañado o destruido por los trabajos de corta y desembosque.

1.6 e Localización de la corta

En las vertientes sur y sobre los suelos menos desarrollados la regeneración (de brinzales y de chirpiales) es menos vigorosa, así que serán lugares donde más fácilmente se podrá operar la transición de un medio arbolado hacia uno abierto.

ÁREAS DE FOMENTO DE LA GESTIÓN

Las áreas de fomento de la gestión (AFG) son localizaciones idóneas donde aplicar la conversión de medios arbolados hacia medios abiertos si las condiciones postincendio lo posibilitan.

Las AFG son zonas donde se aplican tratamientos estratégicos para incidir en la capacidad máxima de propagación de un incendio y así generar indirectamente un abanico más amplio de oportunidades de control. Para reducir el riesgo de incendio posterior se recomiendan los aprovechamientos postincendio por árbol completo o, en el caso de aprovechamiento por tronco completo, que se eliminen los restos de astillado/troceado *in situ* y en el camino. No es recomendable dejar los restos seccionados y esparcidos por el suelo.¹¹ Para los diferentes tipos de incendio que se dan en Cataluña, las AFG son:

Fondos de barranco y nudos de barranco, en áreas afectadas por fuegos topográficos.

Partes altas de crestas orientadas hacia el sur, el suroeste y el oeste, en áreas afectadas por fuegos de convección con o sin viento.

Zonas a sotavento o a contraviento, en áreas afectadas por fuegos conducidos por el viento.

.....

Nudos de crestas, en áreas afectadas por fuegos conducidos por el viento.

Puertos de montaña, en áreas afectadas por fuegos conducidos por el viento.

El tamaño del área que debe considerarse varía en función de las características concretas, pero se puede fijar una dimensión mínima de 60 m de anchura de manera orientativa (por ejemplo, en un nudo de barranco, 30 m a ambos lados de la línea de vaguada).¹¹

FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Una guía para recuperar zonas abiertas en áreas arboladas es el uso de antiguas fotografías aéreas para localizar antiguos cultivos o pastizales forestados. Son zonas tradicionalmente explotadas, más planas (y por lo tanto con menos riesgo de erosión) y más fértiles (y por lo tanto con una recuperación de la cubierta vegetal más rápida).

1.6 f Intensidad de la corta

CONVERSIÓN A DEHESA

Para la conversión a dehesa, las densidades sugeridas de pies maduros vivos (o chirpiales, en caso de encinares y robledos) a retener en el momento de la corta de recuperación son:^{6,40,57}

Encinas y robles: entre 400 y 1.000 chirpiales/ha seleccionados, o una fracción de cabida cubierta inferior al 60 %.

Pino salgareño y pino silvestre: entre 350 y 650 pinos/ha.

Pino piñonero: entre 100 y 300 pinos/ha.

CONVERSIÓN A MATORRALES O HERBAZALES

Para la conversión a herbazales o a matorrales sin cubierta arbórea, el aprovechamiento de la madera tendría que ser más intenso, de acuerdo con las recomendaciones de la ficha “o. Planificación y gestión forestales postincendio a escala de paisaje”.

1.6 g Desembosque

Si lo que se busca es reducir la cubierta arbórea del futuro rodal, el desembosque podría prescindir de calles y la maquinaria podría circular libremente, con el fin de dañar o destruir parte

.....

del regenerado. Esto puede perjudicar a la regeneración herbácea, que interesa mucho. No obstante, no debe negligirse la protección del suelo contra la erosión, ni la conservación de la fertilidad del suelo, de la fauna y de los hábitats fluviales y de ribera. Será preciso, pues, evaluar la vulnerabilidad de estos elementos antes de permitir una circulación extensa de la maquinaria por el área quemada.

1.6 h Preparación del terreno

No se abordan las roturaciones puesto que su objetivo es la creación de un medio agrícola y no forestal, que tiene menor interés para la conservación de la biodiversidad de medios abiertos. En algunos casos se puede considerar la siembra de plantas de pradera, lo que requeriría el trabajo de la tierra.

1.6 i Meteorología

Sin información.

1.6 j Pendiente

Sin información.

1.6 k Trabajos específicos

RODALES DE PINOS SERÓTINOS

Si la regeneración de pinos serótinicos es abundante, se puede transformar el repoblado, el monte bravo o el latizal en medio abierto mediante una quema prescrita intensa o por medios mecánicos, antes de que los pinos produzcan piña (unos 15 años en el caso del pino carrasco y 10 años en el caso del pino marítimo).

1.6 l Aprovechamientos silvopastorales

Los aprovechamientos silvopastorales son la mejor manera de favorecer el mantenimiento de los medios abiertos.

CONVERSIÓN A DEHESAS DE ENCINAS Y ROBLES

Después del incendio debe realizarse un recepe seguido de una selección de rebrotes, conservando entre 400 y 1.000 chirpiales/ha.⁴⁰ Será necesario excluir del pastoreo el tramo de corta justo después, hasta que las yemas apicales estén fuera del alcance del ganado,²³ y por ello habrá que acotar el acceso a rebaños al menos los primeros 5 años¹⁶³ puesto que tanto las vacas y las ovejas como las cabras se alimentan de brotes tiernos y de hojas (excepto las ovejas) de encina. Con las vacas, el acotamiento en rodales de roble se puede acortar si el pastoreo se realiza en invierno, para evitar el consumo de las hojas (muy consumidas en mayo y en junio). Esto no es aplicable a la encina, la hoja de la cual es consumida durante todo el año.¹⁵³

Pasado este periodo de acotamiento, los renuevos pueden controlarse mediante el pasto de la zona tratada,¹⁶³ puesto que los renuevos serán todavía accesibles al ganado y los brotes dominantes, a las vacas.⁴¹ No obstante, seguramente será necesario un desbroce para reducir la cubierta de arbustos y aumentar la oferta herbácea y estimular la producción de brotes tiernos, dependiendo de las especies que pazcan en la zona.⁴⁰

CONVERSIÓN A DEHESAS DE PINOS NO SERÓTINOS

Después del incendio, los rodales se podrán convertir a dehesa si quedan vivos entre 350 y 650 pies/ha, en el caso del pino silvestre y del pino salgareño,⁶ y entre 100 y 300 pies/ha en el caso del pino piñonero.¹¹⁸ El propio ganado evitará el cierre de la cubierta arbórea por el regenerado de pino. Las cabras muestran un alto consumo de acículas, pero en las ovejas es ocasional, y prefieren el pino silvestre al pino salgareño. Las vacas no consumen regenerado de pino, pero afectan a su supervivencia debido al pisoteo.⁶

CONVERSIÓN A MATORRALES O HERBAZALES

El mantenimiento de estas comunidades depende mucho del ganado que pazca. Las **vacas** efectúan un alto consumo de lastón (*Brachypodium retusum*), de fenazo (*Brachypodium phoenicoides*), de junquillo (*Aphyllantes monspeliensis*) y de dátilo (*Dactylis glomerata*), pero de especies leñosas solo se alimentan de hojas de encina (principalmente en invierno) y de roble (principalmente en primavera). Las **ovejas** consumen junquillo, dátilo y albaida (*Anthyllus cytisoides*), pero rechazan la festuca (*Festuca gautieri*), el lastón y el fenazo; de especies leñosas solo se alimentan de flores y hojas de romero (*Rosmarinus officinalis*), de brotes tiernos de encina y, ocasionalmente, de acículas de pino. Las **cabras** consumen pocas herbáceas pero muchas plantas leñosas, como las acículas de pino, los brotes tiernos y hojas de encina, de guillomo (*Amelanchier ovalis*), de coscoja (*Quercus coccifera*), de aladierno (*Rhamnus alaternus*), de endrino (*Prunus spinosa*), de brezo (*Erica multiflora*) y de romero, así como los frutos de la aulaga (*Ulex parviflorus*); rechazan en cambio los tomillos (*Thymus* spp.) y las estepas (*Cistus* spp.).^{6,40}

2. REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO

2.0 Condiciones generales

2.0 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

☞ **MEJOR.** Preservar tanto como sea posible las cenizas, los restos quemados y la hojarasca, puesto que ayudan a retener la lluvia.^{144,159} Debe priorizarse el uso de vehículos con orugas y restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles –que deberán espaciarse lo máximo posible.¹²⁸ Es conveniente dejar pequeños rodales de árboles quemados en pie en las zonas más sensibles a la erosión.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el aprovechamiento por árbol completo en toda la superficie quemada y la circulación de vehículos con cadenas.¹⁶¹

2.0 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

☞ **MEJOR.** Priorizar el aprovechamiento por tronco completo o por madera troceada (frente al aprovechamiento por árbol entero): hay que apearse primero los pies más cercanos a la calle, orientando la corta para que queden atravesados en la calle, y procurar que los restos del desramado y del troceo queden en la misma calle, de forma que disminuyan los efectos del paso de los tractores agrícolas o forestales (*skidders*) sobre el suelo.¹²⁸ Es conveniente dejar pequeños rodales de árboles en las zonas más sensibles a la erosión.

Preservar tanto como sea posible las cenizas, los restos quemados y la hojarasca, puesto que ayudan a retener la lluvia.^{144,159} Debe priorizarse el uso de vehículos con orugas y restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles –que deberán espaciarse lo máximo posible.¹²⁸

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el aprovechamiento en toda la superficie quemada y la circulación de vehículos con cadenas.¹⁶¹

2.0 c Sin aprovechamiento

☞ **MEJOR.** Esta opción de gestión debería ser considerada siempre.⁵⁰ En el supuesto de que se apeen los árboles y se corten las ramas para otros usos, deben priorizarse los trabajos manuales (corta con motosierra) a los mecanizados.

2.0 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** Esperar como mínimo un año antes de entrar en el bosque con maquinaria.¹³⁷ En los incendios de verano, esperar como mínimo hasta la primavera del año siguiente antes de intervenir, para evitar perturbar el suelo antes de las tormentas de otoño.¹⁴⁴ La espera de un cierto tiempo permite que las hojas o acículas chamuscadas caigan al suelo, lo que genera un manto protector.¹⁵⁹

Empezar el aprovechamiento en las vertientes norte. Los suelos de las vertientes sur son más frágiles y superficiales y la vegetación tarda más en recuperarse después de un incendio,² mientras que en las vertientes norte la vegetación se regenera antes, se quema menos intensamente, produce más cenizas y residuos que protegen el suelo y este es más profundo;⁹¹ se deberá por tanto proceder con más prudencia en los suelos de las vertientes sur. Igualmente, los suelos menos pedregosos son más sensibles.¹⁴⁴ Se recomienda, pues, empezar los aprovechamientos por los suelos más pedregosos.

Programar los trabajos forestales para hacerlos coincidir con los periodos en que el suelo tiene cierta humedad (otoño, invierno y primavera) y así se evitará circular cuando el suelo es más hidrófobo (en verano, lo que aumenta el riesgo de erosión y de escorrentía).¹³⁷

☞ **MEDIO.** Esperar como mínimo 8 meses antes de entrar en el bosque con maquinaria.¹³⁸ En los incendios de verano, esperar como mínimo hasta enero del año siguiente antes de intervenir, para evitar perturbar el suelo antes de las tormentas de otoño.¹⁴⁴

☞ **PEOR.** Esperar como mínimo 4 meses antes de entrar en el bosque con maquinaria.²

2.0 e Localización de la corta

La vulnerabilidad del suelo a la erosión está relacionada con su litología (roca madre), la pendiente, la proporción de la superficie de suelo desnudo, el grosor de la capa de hojarasca¹ y el tipo de incendio. En los suelos de máxima vulnerabilidad a la erosión hay que evitar la corta de árboles, la apertura de nuevos caminos o calles, la circulación fuera de los caminos y el arrastre de troncos.¹⁵⁸

.....

Vulnerabilidad baja: Suelos formados a partir de caliza, dolomía, caliza con dolomía o con calcarenita, o caliza y arenisca, con una pendiente < 15 %, una superficie de suelo desnudo < 30 % y una capa de hojarasca de grosor > 3 cm.

Vulnerabilidad moderada: Suelos formados a partir de caliza margosa, calcarenita, caliza tobera, conglomerado, conglomerado y arcilla, caliza y marga, *flysch*, calcarenita y marga, dolomía y marga, arenisca, pizarra, o esquisto y cuarcita, con una pendiente entre 15 y 30 %, una superficie de suelo desnudo entre el 30 y el 60 % y una capa de hojarasca de grosor entre 1 y 3 cm.

Vulnerabilidad alta: Suelos formados a partir de granito, conglomerado con arcilla, arena, arcilla, arcilla con arena, yeso, marga, o arcilla con marga o con limo, con una pendiente > 30 %, una superficie de suelo desnudo > 60 % y una capa de hojarasca de grosor < 1 cm.

2.0 f Intensidad de la corta

Intensidades de corta menores requieren menos medidas de control de la erosión.

2.0 g Desembosque

☞ **MEJOR.** Disminuir al mínimo la distancia de arrastre y semiarrastre de la madera. Desemboscar la madera completamente suspendida, sobre remolque de autocargador o de tractor agrícola, o en forma de paquete suspendido con cabrestante (para la madera troceada).^{86,128,168} Priorizar el uso de vehículos con orugas. Restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles y espaciar las calles lo máximo posible.¹²⁸ Aun así, si la densidad de vías establecida es baja, el paso de la maquinaria produce una circulación excesiva dentro de las vías marcadas que puede generar efectos perjudiciales sobre el suelo.^{128,168}

Prever y, si fuera necesario, marcar previamente los itinerarios de desembosque y localizar los cargaderos de la madera correctamente para reducir al máximo las distancias de desembosque y el tránsito por el interior del rodal donde se actúa.¹¹⁹

El desembosque de madera con canales es recomendable si la madera se destina a leña.¹²⁸

En caso de desembosque por tronco completo o por madera troceada, se pueden usar los residuos de tala (principalmente ramas) para otros usos que no sean la prevención de la erosión (véanse las fichas “1. Regeneración de la cubierta vegetal” y “5. Conservación de la fauna vertebrada”), ya que dejar los residuos de corta sin procesar no es muy eficiente.¹⁶⁸ Si el desembosque se hace por árbol completo y con tala manual, hay que cortar algunas ramas antes del desembosque para dejarlas *in situ* con los mismos propósitos.

.....

☞ **MEDIO.** En el desembosque con tractor forestal por semiarrastre se debe acceder lo más cerca posible de los árboles apeados para que realicen el trayecto más corto posible totalmente arrastrados. Debe evitarse el arrastre de paquetes de madera troceada y de cargas excesivas.¹²⁸

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el arrastre de los troncos con tractor agrícola o forestal¹²⁸ y la circulación por los suelos arcillosos cuando están húmedos, puesto que son los más sensibles a la compactación, y en menor medida, los arenosos y arcillosos secos,¹²⁸ y también la circulación de vehículos con cadenas.¹⁶¹

2.0 h Preparación del terreno

☞ **MEJOR.** La plantación de árboles debería hacerse con el mínimo de subsolado posible: lo ideal es excavar pequeños hoyos donde se introduce la planta. Esos hoyos deberían abrirse manualmente en pendientes de más del 20 % y en los lugares con alto riesgo de erosión del suelo. En pendientes de menos del 20 %, los hoyos pueden abrirse mecánicamente.⁴⁶

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el subsolado profundo, ya que esta acción aumenta la erosión más allá de los niveles naturales del suelo justo después del incendio.¹⁴⁴

2.0 i Meteorología

☞ **MEJOR.** Es preciso evitar el trabajo mecanizado durante los días muy lluviosos, cuando la escorrentía en los suelos transitados por la maquinaria puede ser elevada,¹²⁸ y durante los días ventosos, cuando el viento puede llevarse las cenizas levantadas por la maquinaria.

☞ **EVITAR.** Durante el primer año después de un incendio moderado o severo es preciso evitar la circulación por el bosque cuando los suelos están muy húmedos, helados o cubiertos de nieve, puesto que se deteriora su estructura.¹⁴⁴

2.0 j Pendiente

Para los sistemas de desembosque mecanizados, es conveniente priorizar los siguientes, en función de la pendiente.¹²⁸

Pendiente < 25 %: priorizar el autocargador frente al tractor agrícola.

Pendiente 25 %-35 %: el tractor forestal es más eficiente, debe limitarse el uso del autocargador.

.....

Pendiente 35 %-60 %: priorizar el uso del tractor forestal, o del desembosque con cable aéreo en pendientes de más del 50 %.

Pendiente > 60 %: priorizar el desembosque con cable aéreo frente al desembosque por arrastre con cable desde pista.

Por regla general, el riesgo de erosión postincendio es débil si la pendiente es inferior al 20 %. En pendientes superiores, el riesgo es elevado solo cuando la fracción de superficie del suelo quemado cubierto por hojarasca caída de las copas chamuscadas es inferior al 66 %.¹⁵⁹

2.0 k Trabajos específicos

Estos trabajos (principalmente abrigos vegetales y siembra de herbáceas) no son particularmente necesarios siempre y cuando se apliquen las buenas prácticas en las cortas de recuperación y el terreno no sea especialmente sensible a la erosión y a la escorrentía (fuerte pendiente y lenta recuperación de la cubierta vegetal).¹⁵⁸ Aun así, debería evaluarse siempre el área quemada para detectar los lugares más susceptibles a la degradación del suelo y poder aplicar las medidas apropiadas.⁵⁰ En general, los suelos mediterráneos conservan una capacidad de infiltración similar después del incendio, aunque se pueden dar casos puntuales de hidrofobia inducida por el fuego. A pesar del aumento considerable de la escorrentía durante el primer año después del incendio, la erosión no muestra un incremento tan importante.¹⁴⁶ Siempre y cuando no haya habido destrucción de la vegetación y de la hojarasca durante el aprovechamiento, la escorrentía y la erosión recuperan sus niveles preincendio al cabo de 1 a 3 años en montes cerrados de quercíneas y en rodales de pino.¹⁴⁶ El color de las cenizas puede ser un indicador de la severidad del fuego. Si la ceniza depositada en el suelo tiene un color cobrizo, negro o gris oscuro, significa que la severidad no ha sido elevada, que las partículas de ceniza serán bastante grandes como para no obstruir los poros del suelo y que es casi seguro que el bosque no necesitará ninguna intervención para recuperarse.¹³

Debido a la imposibilidad de aplicar trabajos de prevención de la erosión en toda la superficie quemada, deben concentrarse en lugares clave.⁴⁶ Son necesarios en cuencas severamente quemadas, con fuerte pendiente y con suelos superficiales, esqueléticos y repelentes al agua (hidrofobia inducida por el fuego), donde la vegetación podría tardar más de 4 años en recuperarse naturalmente.¹⁴⁶

☛ **MEJOR.** La aplicación de un abrigo vegetal (*mulch*) es el tratamiento más eficiente. Cubriendo como mínimo el 70 % del suelo con un abrigo vegetal formado por los residuos forestales de la corta de recuperación, astillados o troceados para que aumente su contacto con el suelo, en comparación con una zona quemada y no tratada se pueden obtener reducciones de la erosión de hasta el 90 %.⁴⁶ Si no se dispone de residuos forestales por ausencia de corta de recuperación, los abrigos que dan mejores resultados son los de paja y los de corteza astillada.^{43,44}

.....

Para mejorar la eficiencia se pueden mezclar semillas de herbáceas autóctonas en el abrigo vegetal.⁵⁵ Los lugares donde esta técnica tendría que priorizarse son las pendientes fuertes con poco recubrimiento vegetal y alto riesgo de erosión, y se debería aplicar al poco del incendio y antes de las lluvias de otoño.¹⁵⁸ En severidades de fuego bajas y moderadas el abrigo vegetal de residuos forestales se puede obtener naturalmente, dejando suficiente tiempo para que las hojas o acículas de las copas chamuscadas caigan al suelo.

La microtopografía también influye en la erosión. Las terrazas o bancales agrícolas abandonados y forestados protegen el suelo contra la erosión después de un incendio. Es preciso conservar estas terrazas durante los aprovechamientos.¹⁰⁷

☞ **MEDIO.** Si se opta por la siembra de hierbas, su eficiencia depende mucho de la pluviometría y de la temporización. Deben aplicarse las semillas combinadas con otro tratamiento que haga efecto antes de la germinación y que proteja las semillas y las plántulas, como un abrigo vegetal o un *hydromulch*. De lo contrario, las semillas pueden ser arrastradas por la escorrentía antes de germinar.⁴⁶

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar la siembra de hierbas de origen alóctono, que desplazan a los vegetales autóctonos.⁴⁶

Dejar los residuos de corta sin procesar¹⁶⁸ o utilizarlos para la construcción de barreras paralelas a las curvas de nivel (con troncos y ramas o bien con balas de paja) son métodos poco eficientes para controlar la erosión, sobre todo con lluvias torrenciales, habituales durante el otoño.

Hay que evitar escarificar o arar el suelo como método para facilitar la infiltración del agua de lluvia, especialmente en los suelos hidrófobos, ya que solo provoca un incremento de la erosión.

2.0 | Aprovechamientos silvopastorales

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el pastoreo en los meses posteriores al incendio. Esta actividad puede reducir considerablemente la abundancia de especies herbáceas y arbustivas, altamente digeribles y atractivas para los herbívoros, que con sus raíces retienen el agua de la lluvia, estabilizan y estructuran el suelo y, en el caso de las leguminosas, lo enriquecen con nitrógeno. El pisoteo del ganado (sobre todo alrededor de las infraestructuras como abrevaderos y corrales) también perturba la sucesión vegetal³³ y compacta el suelo, lo que reduce su capacidad de infiltración.¹⁴⁶ Así, en los pinares secos (precipitación anual ≤ 650 mm), hay que evitar el pastoreo durante los 20 meses siguientes al incendio, puesto que la vegetación briófito no logra su máximo recubrimiento hasta 15 meses después del fuego, la vegetación superior, hasta 20 meses después, y la erosión no es nula hasta entre 21 y 25 meses después del incendio.³³ No obstante, estos periodos pueden acortarse o alargarse según la exposición del terreno, puesto que en las vertientes sur la vegetación se recupera más rápidamente⁹¹ y los suelos están más estructurados.¹⁴⁶

2. REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO

2.1 Pinares

2.1 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

General.

2.1 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

General.

2.1 c Sin aprovechamiento

La apertura de hoyos en el suelo por la caída de los pinos muertos no debería suponer una fuente de erosión, ya que esta caída se inicia pasado el segundo invierno después del incendio, cuando las plantas rebrotadoras y germinadoras del sotobosque ya han empezado a cubrir el suelo.

2.1 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** En caso de que la fracción de copa chamuscada sea elevada, deben retrasarse las cortas hasta después de la caída de las acículas, de 12 a 15 semanas después del fuego¹⁴⁵ (en algunos casos, más). Estas protegerán el suelo contra la erosión y devolverán una parte de los nutrientes al suelo.¹⁵⁵ Si la fracción de copa consumida es elevada, este procedimiento no se puede aplicar.

2.1 e Localización de la corta

General.

2.1 f Intensidad de la corta

General

2.1 g Desembosque

General.

2.1 h Preparación del terreno

☞ **MEJOR.** Si se realiza una plantación después del incendio, es preferible la preparación del terreno realizando los hoyos de plantación individualmente, en lugar del subsolado.

En pendientes fuertes (> 30 %) y suelos blandos, conviene utilizar los troncos de los pinos para crear barreras de troncos contra la erosión paralelas a las curvas de nivel, que retengan el suelo erosionado⁴⁹ (véanse los detalles en la ficha “7.2 Dispositivos de control de la erosión”).

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el subsolado profundo, que puede causar, en las plantaciones de pinos, una pérdida de suelo cuatro veces superior a la erosión postincendio,¹⁴⁴ sobre todo en pendientes superiores al 15 %.¹⁴⁴ Durante el subsolado, los surcos deben abrirse paralelos a las curvas de nivel. El subsolado tendría que ir acompañado de la aplicación de un abrigo vegetal, que podría estar compuesto de los restos de la corta troceados o astillados, o de un *hydromulch*.

2.1 i Meteorología

General.

2.1 j Pendiente

General.

2.1 k Trabajos específicos

General.

2.1 l Aprovechamientos silvopastorales

General.

2. REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO

2.2 Plantaciones de eucaliptos

2.2 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

General.

2.2 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

General.

2.2 c Sin aprovechamiento

General.

2.2 d Momento oportuno de la corta

General.

2.2 e Localización de la corta

General.

2.2 f Intensidad de la corta

General.

2.2 g Desembosque

General.

2.2 h Preparación del terreno

En las plantaciones de eucaliptos donde estos se han plantado por arado y no por hoyos, hasta 4 años después del incendio la cantidad de sedimentos generados es cuatro veces superior y la escorrentía, de dos a tres veces más importante. Así, en estos bosques, la recuperación del suelo es más lenta que en bosques de origen natural bajo las mismas condiciones ambientales.¹⁶⁶

☞ **MEJOR.** En caso de realizar una plantación después del incendio, debe preferirse la preparación del terreno cavando los hoyos de plantación individualmente, en lugar del subsolado.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el subsolado profundo, que puede causar, en las plantaciones de eucalipto, una pérdida de suelo superior a la erosión postincendio,¹⁴⁵ sobre todo en pendientes superiores al 15 %.¹⁴⁴ Durante el subsolado, los surcos deben abrirse paralelos a las curvas de nivel. El destaconado es otra operación que también puede causar erosión. Ambos casos tendrían que ir acompañados de la aplicación de un abrigo vegetal, que puede estar compuesto por los restos de corta, o de un *hydromulch*.

2.2 i Meteorología

General.

2.2 j Pendiente

General.

2.2 k Trabajos específicos

☛ **MEJOR.** Los residuos de corta del eucalipto, formados principalmente por corteza, son importantes para la reducción de la erosión y devuelven una parte de los nutrientes al suelo.¹⁵⁵ Esparcidos uniformemente, la erosión será similar a la de una plantación quemada donde no se haya realizado ninguna corta, por debajo del umbral que se considera límite: 1 tonelada de suelo perdido por hectárea y año. Para maximizar estos beneficios, la corta debería realizarse tan pronto como sea posible. Deben esparcirse uniformemente por la superficie quemada como mínimo 2,6 toneladas por hectárea de residuos (lo que correspondería aproximadamente a un 5 % de los residuos generados)^{67,145} y cubriendo el 50 % del suelo; así se consiguen reducciones de la erosión de hasta el 86 %. Reducciones de hasta el 96 % se consiguen aplicando 8 toneladas por hectárea cubriendo el 79 % del suelo.⁶⁷ Los residuos son más efectivos si se disponen las tiras de corteza orientadas perpendicularmente a la pendiente, ya que actúan como pequeñas presas para los sedimentos.¹⁵⁵

No es necesario esparcir la totalidad de estos residuos, lo que permite reducir el riesgo de incendio posterior. Igualmente, el hecho de que estos residuos estén uniformemente esparcidos facilitará que se amolden al suelo con las primeras lluvias. El contacto con el suelo los mantendrá húmedos y reducirá la peligrosidad de un incendio posterior.¹⁴⁵

☛ **EVITAR.** No deben apilarse los residuos de la corta en fajinas ni quemarlos. Estas prácticas ocasionan más erosión que la de un suelo quemado sin ninguna intervención.¹⁴⁴

2.2 l Aprovechamientos silvopastorales

General.

3. CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

3.0 Condiciones generales

3.0 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

☞ **MEJOR.** Dejar un mosaico de áreas cortadas y sin cortar, que se regenerarán naturalmente y podrán ayudar a regenerar las áreas cortadas adyacentes.⁵⁶ Las coníferas jóvenes contienen una mayor concentración de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en el tallo y en las ramas que las coníferas maduras. Debe priorizarse el aprovechamiento de las coníferas maduras y dejar en la zona quemada las más jóvenes, para exportar menos nutrientes. Además, una mayor concentración de nutrientes en la madera de coníferas jóvenes produce astilla de menor calidad de combustión, puesto que genera más cenizas.²⁶

Preservar tanto como sea posible las cenizas, los restos quemados y la hojarasca, puesto que ayudan a retener la lluvia.¹⁴⁴ En los rodales de pino, una cubierta de agujas muertas parece ser más eficaz para prevenir la exportación de nutrientes que una cubierta de ramas sin agujas.¹⁵⁵ hay que dejar por tanto que las agujas caigan de los pinos antes de cortarlos. Debe priorizarse el uso de vehículos con orugas y restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles –que deberán espaciarse lo máximo posible.¹²⁸ Es conveniente dejar pequeños rodales de árboles en las zonas más sensibles a la erosión.

☞ **MEDIO.** Los residuos de tala de coníferas proporcionan más carbono y más nitrógeno al suelo que los residuos de planifolios.⁵⁶ Así pues, en las masas mixtas con aprovechamiento por árbol completo es prioritario dejar en el suelo los restos de coníferas antes que los de planifolios.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el aprovechamiento por árbol completo en toda la superficie quemada y la circulación de vehículos con cadenas.¹⁶¹

3.0 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

☞ **MEJOR.** Dejar un mosaico de áreas cortadas y sin cortar, que se regenerarán naturalmente y podrán ayudar a regenerar las áreas cortadas adyacentes.⁵⁶ Los aprovechamientos por tronco completo y por madera troceada permiten dejar más nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en la zona quemada, puesto que estos se concentran mayoritariamente en las ramas y en las hojas. Además, estas partes de los árboles producen astilla de menor calidad de combustión, puesto que genera más ceniza.²⁶

Deben apearse primero los pies más cercanos a la calle, orientando la corta para que queden atravesados en la calle, y procurar que los restos del desrame y del troceo queden en la misma calle, de forma que disminuyan los efectos del paso de los tractores agrícolas o forestales (*skidders*) sobre el suelo.¹²⁸ Es conveniente dejar pequeños rodales de árboles en las zonas más sensibles a la erosión.

Preservar tanto como sea posible las cenizas, los restos quemados y la hojarasca, puesto que ayudan a retener la lluvia.¹⁴⁴ Debe priorizarse el uso de vehículos con orugas y restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles –que deberán espaciarse lo máximo posible.¹²⁸ Las ramas se dejan en el suelo, distribuidas uniformemente, cubriendo, si es posible, más del 45 % de la superficie.⁸⁸ El astillado de estos restos puede acelerar la incorporación de los nutrientes al suelo, pero disminuye la protección sobre las plantas germinadoras.

☞ **MEDIO.** Si se quiere aprovechar las ramas por su biomasa, hay que asegurarse antes de desemboscarlas que las agujas u hojas secas hayan caído al suelo.¹⁵⁴

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el aprovechamiento en toda la superficie quemada y la circulación de vehículos con cadenas.¹⁶¹

3.0 c Sin aprovechamiento

☞ **MEJOR.** Para acelerar la incorporación de los nutrientes de los troncos y de las ramas, es preciso aprear los árboles, cortar las ramas y trocearlas para aumentar la superficie de contacto de la madera con el suelo, cubriendo, si es posible, más del 45 % de la superficie.⁸⁸ Debe procederse mediante tala manual para evitar el impacto de la maquinaria sobre el suelo y priorizar la corta o el astillado de las ramas y de los troncos de pequeño diámetro, ya que los troncos de pinos más gruesos se descomponen más rápidamente que los de menor diámetro.⁹⁶

En caso de riesgo de erosión, esta madera se puede astillar y esparcir por la zona quemada como abrigo vegetal (*mulch*), lo que acelera la incorporación de los nutrientes al suelo, pero disminuye la protección sobre las plantas germinadoras.

3.0 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** Esperar como mínimo un año antes de entrar en el bosque con maquinaria, para permitir la germinación de las plantas, puesto que es durante el primer año después del incendio cuando el suelo es más sensible.⁵⁶ Si se quiere apear los árboles antes, la tala tendrá que hacerse manualmente. A pesar de que este retraso de los trabajos no anula completamente los impactos sobre la posible pérdida de fertilidad acorta sus efectos.⁵⁶

☞ **MEDIO.** Esperar el tiempo necesario para que las hojas o acículas muertas o chamuscadas caigan de los árboles, puesto que son una fuente de nutrientes importante.¹⁵⁵ La hojarasca resultante aportará nutrientes al suelo y lo protegerá contra la erosión.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar empezar los trabajos forestales poco después del fuego.

3.0 e Localización de la corta

☞ **MEJOR.** La pérdida de nutrientes es mucho más alta en los suelos someros que en los profundos.¹⁵⁴ Deben planificarse los trabajos para distribuir en los suelos someros las áreas sin cortar, las que se explotarán por sistema de tronco completo (contra el sistema de árbol completo, solo recomendable en suelos profundos) y aquellas donde la corta se hará más tarde.

3.0 f Intensidad de la corta

Intensidades de corta menores suponen menos pérdidas de fertilidad del suelo.

3.0 g Desembosque

☞ **MEJOR.** Disminuir al mínimo la distancia de arrastre y de semiarrastre de la madera. Desemboscar la madera completamente suspendida, sobre remolque de autocargador o de tractor agrícola, o en forma de paquete suspendido con cabrestante (para la madera troceada).¹²⁸ Priorizar el uso de vehículos con orugas. Restringir la circulación de la maquinaria dentro de las calles y espaciar estas calles lo máximo posible. Aun así, si la densidad de vías establecida es baja, el paso de la maquinaria produce una circulación excesiva dentro de las vías marcadas que puede generar efectos perjudiciales sobre el suelo.¹²⁸

El desembosque de madera con canales es recomendable si la madera se destina a leña.¹²⁸

En caso de desembosque por tronco completo o por madera troceada, se pueden usar los residuos de tala (principalmente ramas) para otros usos que no sean la prevención de la erosión (véanse las fichas “1. Regeneración de la cubierta vegetal” y “5. Conservación de la fauna vertebrada”). Si el desembosque se hace por árbol completo y con tala manual, deben cortarse algunas ramas antes del desembosque para dejarlas *in situ* con los mismos propósitos.

☞ **MEDIO.** En el desembosque con tractor forestal por semiarrastre se debe acceder lo más cerca posible de los árboles apeados para que realicen el trayecto más corto posible totalmente arrastrados. Debe evitarse el arrastre de paquetes de madera troceada y de cargas excesivas.¹²⁸

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el arrastre de los troncos con tractor agrícola o forestal¹²⁸ y la circulación por los suelos arcillosos cuando están húmedos, puesto que son los más sensibles a la compactación, y en menor medida, los arenosos y arcillosos secos.¹²⁸



FIGURA 8. Compactación (a) y roderas (b) causadas por el paso de la maquinaria. **Imágenes:** P. Pons.

3.0 h Preparación del terreno

☞ **MEJOR.** En caso de reforestación, debe priorizarse la plantación en hoyos. En terrenos poco fértiles o que hayan perdido fertilidad después de un incendio, se puede aplicar compost formado por un tercio de lodo proveniente de depuradoras, un tercio de corteza de pino y un tercio de restos vegetales verdes (compostado durante 30 días a 75 °C), a razón de 20 kg por hoyo de 1 m³, mezclándolo con la tierra del hoyo, o esparciendo uniformemente 50 toneladas de compuesto húmedo por hectárea. Esta técnica restaura la fertilidad del suelo, mejora la nutrición vegetal, aumenta el crecimiento apical y radial de plántulas de pino piñonero, de pino carrasco y de encina, y aumenta su supervivencia frente a los periodos de estrés hídrico,⁷³ sin conllevar problemas de eutrofización ni de aportación de metales pesados.^{24,74} Dispersando 50 toneladas de compost húmedo por hectárea se favorecen las especies leñosas frente a las herbáceas, que quedan aplastadas, y se crea un abrigo vegetal donde pueden germinar las semillas y por donde se pueden propagar las raíces.⁷⁵ No se recomienda aplicar cantidades de compost que excedan de estos valores.^{24,74,75}

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el subsolado profundo, una acción que aumenta la erosión más allá de los niveles naturales del suelo justo después del incendio.¹⁴⁴

3.0 i Meteorología

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el trabajo mecanizado durante los días muy lluviosos, cuando la escorrentía en los suelos transitados por la maquinaria puede ser elevada,¹²⁸ y durante los días ventosos, cuando el viento puede llevarse las cenizas levantadas por la maquinaria.

Durante el primer año después de un incendio moderado o severo debe evitarse circular por el bosque cuando los suelos están muy húmedos, helados o cubiertos de nieve, puesto que se deteriora su estructura.¹⁴⁴

3.0 j Pendiente

Sin información.

3.0 k Trabajos específicos

Sin información.

3.0 | Aprovechamientos silvopastorales

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el pastoreo en los meses posteriores al incendio. Esta actividad puede reducir considerablemente la abundancia de especies herbáceas y arbustivas, altamente digeribles y atractivas para los herbívoros, que con sus raíces retienen el agua de la lluvia, estabilizan y estructuran el suelo y, en el caso de las leguminosas, lo enriquecen con nitrógeno. El pisoteo del ganado (sobre todo alrededor de las infraestructuras como abrevaderos y corrales) también perturba la sucesión vegetal³³ y compacta el suelo, lo que reduce su capacidad de infiltración.¹⁴⁶ Así, en los pinares secos (precipitación anual ≤ 650 mm), hay que evitar el pastoreo durante los 20 meses siguientes al incendio, puesto que la vegetación briófitas no logra su máximo recubrimiento hasta 15 meses después del fuego, la vegetación superior, hasta 20 meses después, y la erosión no es nula hasta entre 21 y 25 meses después del incendio.³³ No obstante, estos periodos pueden acortarse o alargarse según la exposición del terreno, puesto que en las vertientes sur la vegetación se recupera más rápidamente⁹¹ y los suelos están más estructurados.¹⁴⁶

3. CONSERVACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

3.1 Plantaciones de eucaliptos

3.1 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

General.

3.1 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

General.

3.1 c Sin aprovechamiento

General.

3.1 d Momento oportuno de la corta

General.

3.1 e Localización de la corta

General.

3.1 f Intensidad de la corta

General.

3.1 g Desembosque

General.

3.1 h Preparación del terreno

☞ **MEJOR.** En caso de realizar una plantación después del incendio, debe preferirse la preparación del terreno cavando los hoyos de plantación individualmente, en vez del subsolado.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar el subsolado profundo, que puede causar, en las plantaciones de eucalipto, una pérdida de suelo superior a la erosión postincendio,¹⁴⁵ sobre todo en pendientes superiores al 15 %.¹⁴⁴ Durante el subsolado, los surcos deben abrirse paralelos a las curvas de nivel. El destaconado es otra operación que también puede causar erosión. Ambos casos tendrían que ir acompañados de la aplicación de un abrigo vegetal, que puede estar compuesto por los restos de corta, o de un *hydromulch*.

3.1 i Meteorología

General.

3.1 j Pendiente

Sin información.

3.1 k Trabajos específicos

☞ **MEJOR.** Los residuos de corta del eucalipto, formados principalmente por corteza, son importantes para la reducción de la erosión y devuelven una parte de los nutrientes al suelo.¹⁵⁵ Esparcidos uniformemente, la erosión será similar a la de una plantación quemada donde no se haya realizado ninguna corta. Para maximizar estos beneficios, la corta debería realizarse tan pronto como sea posible. Deben esparcirse por la superficie quemada como mínimo 0,5 kg/m² (5 t/ha) de residuos de manera uniforme (lo que correspondería a un 10 % de los residuos

.....

generados).¹⁴⁵ Los residuos son más efectivos si se disponen las tiras de corteza orientadas perpendicularmente a la pendiente, ya que actúan como pequeñas presas para los sedimentos.¹⁵⁵

No es necesario esparcir la totalidad de estos residuos, lo que permite reducir el riesgo de incendio posterior. Igualmente, el hecho de que estos residuos estén uniformemente esparcidos facilitará que se amolden al suelo con las primeras lluvias. El contacto con el suelo los mantendrá húmedos y reducirá la peligrosidad de un incendio posterior.¹⁴⁵

☞ **EVITEU-HO.** No deben apilarse los residuos de la corta en fajinas ni quemarlos. Estas prácticas ocasionan más erosión que la de un suelo quemado sin ninguna intervención.¹⁴⁴

3.1 | Aprovechamientos silvopastorales

General.

4. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA INVERTEBRADA

4.1 Invertebrados del suelo y de la superficie

4.1 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

☞ **MEJOR.** Este es el peor sistema de aprovechamiento para la mayoría de grupos de invertebrados, puesto que genera un hábitat más homogéneo que el que dejó el fuego.^{14,18} Los efectos de este déficit de heterogeneidad se pueden hacer sentir sobre la diversidad de artrópodos del suelo hasta décadas después de la corta.¹⁸

En los rodales compuestos por germinadores (pinos), deben conservarse los árboles vivos o moribundos, puesto que sus raíces podrán alimentar a la fauna subterránea.¹²⁰

Si se opta por este sistema habrá que dejar áreas sin talar (véase la recomendación “4.1 e Localización de la corta”).

4.1 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

☞ **MEJOR.** Para algunos invertebrados, como los gasterópodos, los himenópteros y los coleópteros, este parece ser el mejor sistema de aprovechamiento, puesto que deja las ramas y otros residuos de la corta esparcidos por el suelo. Estos residuos generan un hábitat más heterogéneo y protegen el suelo de la radiación solar y de los extremos de temperatura y mantienen un mayor grado de humedad. Este sistema parece más adecuado que no efectuar ningún aprovechamiento, puesto que en este caso las ramas permanecen suspendidas en el árbol y no proporcionan tanta protección al suelo.^{14,69,95}

4.1 c Sin aprovechamiento

☞ **MEJOR.** No realizar ninguna corta es la opción más adecuada para preservar las comunidades de arañas,¹¹⁷ pero no es tan beneficioso para los gasterópodos, los himenópteros y los coleópteros.

.....

☞ **PEOR.** Para algunos invertebrados, como los gasterópodos y los himenópteros, este sistema de aprovechamiento no es lo más adecuado puesto que las ramas, al quedar suspendidas en el árbol, generan un hábitat más homogéneo y no protegen tan eficazmente el suelo de la radiación solar y de los extremos de temperatura, ni permiten mantener un grado de humedad tan elevado como si estuvieran esparcidas por el suelo. Si se opta por este sistema, lo ideal es apear los árboles, desramarlos y dejar la biomasa esparcida por el tramo de corta.^{14,95}

4.1 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** En fuegos de severidad baja y moderada se puede aportar materia orgánica al suelo naturalmente si se espera lo bastante a cortar como para que las hojas o acículas de las copas chamuscadas caigan al suelo.

4.1 e Localización de la corta

☞ **MEJOR.** Realizar una retención agregada combinada con una dispersa (véanse las fichas “0.2 La retención de madera quemada como medida de mitigación” y “0.3 Zonas de conservación de árboles en pie”). Si no hay árboles muertos en pie aislados, deben dejarse algunos de los vivos.¹¹⁶ Debe procurarse que los parches de retención midan, como mínimo, 200 m en su parte más estrecha. Para evitar un contraste tan grande entre el área cortada y la no cortada, se puede realizar una corta parcial alrededor del agregado de árboles.⁷⁶

Es importante conservar sin cortar tanto los parches de vegetación no quemada como los de hojarasca sin quemar (que pueden medir solo algunos metros cuadrados), para no perturbar el suelo y para que sirvan de refugio a las especies de hábitats boscosos.⁶⁹ Se aconseja conservar los árboles muertos que pueda haber en estos parches.¹¹⁶

En masas de pinos no serótinos donde se encuentren pequeños rodales y grupos de rebrotadores (ya sean árboles o arbustos) es conveniente conservarlos, puesto que permiten recuperar rápidamente la cubierta vegetal.¹⁷¹

Debe restringirse la circulación de la maquinaria dentro de las calles y espaciarlas lo máximo posible.¹²⁸

Hay que extremar las precauciones en los lugares más secos, puesto que el restablecimiento de artrópodos como las arañas es más lento.¹⁰⁶

☞ **MEDIO.** Realizar solo una retención agregada. Procurar que las islas de retención midan, como mínimo, 100 m en su parte más estrecha.⁷⁶

.....

Dado que el impacto de la corta es mayor en los rodales de coníferas (tardan más en germinar) que en los de planifolios (que rebrotan), debe priorizarse la retención agregada en las masas de coníferas.¹¹⁶

☞ **PEOR.** Realizar solo una retención de árboles aislados, especialmente de árboles vivos o moribundos. Si es posible dejar agregados de árboles sin cortar, debe procurarse que cubran 0,5 ha o más¹¹⁶ o dejar grupos de 10 a 20 árboles.⁶⁹

4.1 f Intensidad de la corta

Los efectos de la corta de recuperación sobre las comunidades de coleópteros aumentan en función de su intensidad. Las prácticas más recomendables son las que recolectan un menor volumen de madera.⁶⁹ Después de una corta de recuperación, el volumen de madera muerta tendría que ser similar al que se encuentra en bosque no quemado de manera natural (sin aprovechamiento maderero).¹²⁶ Utilizando como referencia la cantidad de madera muerta que se encuentra en los bosques españoles (IFN₃ y IFN₄), pero sabiendo que en los bosques con aprovechamiento este volumen puede ser de 2 a 5 veces inferior al de los bosques sin aprovechamiento,⁸⁴ se aconseja:

☞ **MEJOR.** Conservar los siguientes volúmenes de madera quemada sin aprovechar (en porcentaje del volumen de madera con corteza presente en el rodal antes del incendio, media española multiplicada por cinco):

Robledos, encinares y pinares de pino carrasco: 40 %

Dehesas, rodales de melojo y pinares de pino silvestre y de pino insigne: 30 %

Pinares de pino salgareño y plantaciones de eucaliptos: 20 %

☞ **MEDIO.** Conservar los siguientes volúmenes de madera quemada sin aprovechar (en porcentaje del volumen de madera con corteza presente en el rodal antes del incendio, media española multiplicada por dos):

Robledos, encinares y pinares de pino carrasco: 16 %

Dehesas, rodales de melojo y pinares de pino silvestre y de pino insigne: 12 %

Pinares de pino salgareño y plantaciones de eucaliptos: 8 %

☞ **PEOR.** Conservar los siguientes volúmenes de madera quemada sin aprovechar (en porcentaje del volumen de madera con corteza presente en el rodal antes del incendio, media española):

.....

Robledos, encinares y pinares de pino carrasco: 8 %

Dehesas, rodales de melojo y pinares de pino silvestre y de pino insignie: 6 %

Pinares de pino salgareño y plantaciones de eucaliptos: 4 %

4.1 g Desembosque

Sin información.

4.1 h Preparación del terreno

☞ **MEJOR.** No subsolar el terreno. Se ha observado que, en rodales con aprovechamiento por tronco completo, el posterior subsolado con vistas a realizar una plantación perjudica a los gasterópodos hasta el punto de anular las ventajas de este sistema de aprovechamiento y convertir este escenario en el peor, siendo más perjudicial que la decisión de no aprovechar la madera quemada.¹⁴ Este efecto también se observa en los himenópteros, pero menos marcadamente.⁹⁵

4.1 i Meteorología

Sin información.

4.1 j Pendiente

Sin información.

4.1 k Trabajos específicos

☞ **MEJOR.** En los rodales de coníferas, conservar las especies rebrotadoras que pueda haber en el sotobosque, puesto que aportarán materia orgánica al suelo rápidamente y sus raíces podrán alimentar a los invertebrados hipogeos que se nutren de ellas.¹²⁰ Aplicad las instrucciones de la ficha “I. Regeneración de la cubierta vegetal” para acelerar el regreso de la cubierta vegetal.¹³⁹

En los montes bajos de madroño, la selección de rebrotes no altera la estructura ni la composición de las comunidades de hormigas.¹²¹

4.1 | Aprovechamientos silvopastorales

☞ **MEJOR.** Evitar el pastoreo en los meses posteriores al incendio. Esta actividad puede reducir considerablemente la abundancia de especies herbáceas y arbustivas, altamente digeribles y atractivas para los herbívoros, que ofrecen a los invertebrados del suelo protección contra la radiación solar, los extremos de temperatura y la deshidratación.¹³⁹

☞ **MEDIO.** Si se permite el pastoreo, debe priorizarse el de ovejas y cabras y evitar el de vacas y caballos, que por su mayor peso compactan más el suelo. La compactación del suelo reduce la cantidad y el tamaño de los poros, lo que altera las comunidades microbianas y de nematodos, afectando negativamente a la cadena trófica de los artrópodos.¹⁰⁶

4. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA INVERTEBRADA

4.2 Invertebrados saproxílicos y control de insectos perforadores

4.2 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

INVERTEBRADOS SAPROXÍLICOS

☞ **MEJOR.** Este es el peor sistema de aprovechamiento para la mayoría de grupos de invertebrados, puesto que exporta la mayor parte de la madera quemada. Se aconseja dejar residuos de madera quemada en el tramo de corta, con diversidad de diámetros, ya que troncos de distintos diámetros albergan comunidades saproxílicas diferentes.⁹⁶ Puesto que para preservar las comunidades de invertebrados saproxílicos es más importante la cantidad de madera muerta (volumen por unidad de superficie) y la diversidad de diámetros que su calidad (entendida como el grado de descomposición),²⁹ habría que conservar algunos troncos muertos en forma de árboles en pie o apeados (véase la recomendación “4.2 f Intensidad de la corta”).

4.2 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

INVERTEBRADOS SAPROXÍLICOS

☞ **MEJOR.** Este sistema de aprovechamiento es más favorable para los invertebrados saproxílicos que el aprovechamiento por árbol completo, puesto que preserva una parte de la madera quemada: las ramas. No obstante, puesto que para preservar las comunidades de invertebrados saproxílicos es más importante la cantidad de madera muerta (volumen por unidad de superficie) y la diversidad de diámetros que su calidad (entendida como el grado de descomposición),²⁹ habría que conservar, además de las ramas, algunos troncos muertos en forma de árboles en pie o apeados, ya que así se aumenta la diversidad de diámetros disponibles para los invertebrados saproxílicos (véase la recomendación “4.2 f Intensidad de la corta”).

4.2 c Sin aprovechamiento

INVERTEBRADOS SAPROXÍLICOS

☞ **MEJOR.** No realizar ninguna corta es la opción más adecuada para preservar las comunidades de invertebrados saproxílicos. En caso de apearse los árboles, debe procurarse orientar los troncos N-S en las solanas y E-W en las umbrías. No deben apearse todos los árboles, sino dejar algunos en pie con diversidad de diámetros, para aportar heterogeneidad estructural y de descomposición (Eduard Piera, com. pers.).

INSECTOS PERFORADORES

☞ **MEJOR.** El riesgo de que la madera quemada dejada en el bosque sea un foco de plagas para los rodales vecinos es mínimo.⁶⁰ Solo son focos de plagas de insectos perforadores de la corteza los árboles debilitados por el incendio.¹³⁸ Se aconseja cortar los árboles moribundos periféricos solo cuando existan, en las cercanías de la zona quemada, masas forestales debilitadas (por ejemplo, por episodios recurrentes de estrés hídrico). Así pues, lo ideal es hacer un seguimiento y cortar solo si aquellos árboles representan un problema sanitario.

4.2 d Momento oportuno de la corta

INSECTOS PERFORADORES

Si se decide talar los pinos afectados por insectos perforadores de la corteza para prevenir que se extiendan al resto de pinos supervivientes afectados por el fuego, es difícil hacerlo antes de que las larvas acaben su desarrollo subcortical y emerjan como adultos o inmaduros, puesto que muchos insectos perforadores completan el ciclo vital en un espacio de semanas o de pocos meses. Los meses de más actividad son los de primavera y verano. En climas fríos el ciclo vital se retrasa, lo que puede dar más margen de maniobra.

4.2 e Localización de la corta

INVERTEBRADOS SAPROXÍLICOS

Las especies saproxílicas forestales de interior no se mantienen si las agrupaciones de árboles remanentes ocupan menos de una hectárea. Dado que el efecto de borde es importante, a la hora de dejar parches sin cortar hay que evaluar la velocidad a la que el efecto de borde se reducirá:

.....
☞ **MEJOR.** Rebrotadores (encinas, robles y alcornoques): se pueden dejar parches ≤ 1 ha. Germinadores (pinos): se aconseja dejar parches > 3 ha..

☞ **MEDIO.** Rebrotadores (encinas, robles y alcornoques): se pueden dejar parches ≤ 1 ha. Germinadores (pinos): se aconseja dejar parches > 1 ha.

☞ **PEOR.** Dejar solo los pies en pie de forma dispersa.

4.2 f Intensidad de la corta

INVERTEBRADOS SAPROXÍLICOS

Las prácticas más recomendables para los invertebrados saproxílicos son las que recolectan un menor volumen de madera.⁶⁹ Después de una corta de recuperación, el volumen de madera muerta tendría que ser similar al que se encuentra de manera natural en un bosque no quemado (sin aprovechamiento maderero).¹²⁶ Utilizando como referencia la cantidad de madera muerta que se encuentra en los bosques españoles (IFN₃ y IFN₄), pero sabiendo que en los bosques con aprovechamiento este volumen puede ser de 2 a 5 veces inferior al de los bosques sin aprovechamiento,⁸³ se aconseja:

☞ **MEJOR.** Conservar los siguientes volúmenes de madera quemada sin aprovechar (en porcentaje del volumen de madera con corteza presente en el rodal antes del incendio, media española multiplicada por cinco):

Robledos, encinares y pinares de pino carrasco: 40 %

Dehesas, rodales de melojo y pinares de pino silvestre y de pino insignie: 30 %

Pinares de pino salgareño y plantaciones de eucaliptos: 20 %

☞ **MEDIO.** Conservar los siguientes volúmenes de madera quemada sin aprovechar (en porcentaje del volumen de madera con corteza presente en el rodal antes del incendio, media española multiplicada por dos):

Robledos, encinares y pinares de pino carrasco: 16 %

Dehesas, rodales de melojo y pinares de pino silvestre y de pino insignie: 12 %

Pinares de pino salgareño y plantaciones de eucaliptos: 8 %

☞ **PEOR.** Conservar los siguientes volúmenes de madera quemada sin aprovechar (en porcentaje

.....
del volumen de madera con corteza presente en el rodal antes del incendio, media española):

Robledos, encinares y pinares de pino carrasco: 8 %

Dehesas, rodales de melojo y pinares de pino silvestre y de pino insigne: 6 %

Pinares de pino salgareño y plantaciones de eucaliptos: 4 %

Por otro lado, el **pino salgareño** es probablemente la especie de conífera mediterránea presente en la Península Ibérica, juntamente con *Abies pinsapo*, que presenta más diversidad de coleópteros saproxílicos asociados (Eduard Piera, com. pers.). Se debería, con la finalidad de mantener esta diversidad, mantener una mayor proporción de madera quemada sin aprovechar en estos rodales.

4.2 g Desembosque

Sin información.

4.2 h Preparación del terreno

Sin información.

4.2 i Meteorología

Sin información.

4.2 j Pendiente

Sin información.

4.2 k Trabajos específicos

INSECTOS PERFORADORES

Si se observan signos de la presencia de insectos perforadores de la corteza en los pinos debilitados por el fuego, estos insectos podrían extenderse al resto de pinos supervivientes afectados por el fuego, que podrían acabar muriendo. Los insectos perforadores prefieren los árboles con

.....

un diámetro más pequeño, una corteza más delgada, más altura de tronco chamuscado y que se encuentren donde el suelo ha sido más severamente afectado.⁹

☞ **MEJOR.** No apear ningún pino debilitado por el fuego, aunque presente signos de ataque por insectos perforadores. La muerte retardada de estos árboles proporcionará madera a largo plazo a los organismos saproxílicos, y posiblemente producirán semillas antes de su muerte.

☞ **MEDIO.** Apear y transportar para su transformación los árboles con signos de ataque por insectos perforadores. Este aprovechamiento se debe ejecutar lo más pronto posible, para evitar que se complete el ciclo biológico del insecto.

☞ **PEOR.** Apear y transportar para su transformación los árboles con signos de ataque por insectos perforadores, así como los árboles vivos pero debilitados por el incendio sin signos de ataque por insectos perforadores. Este aprovechamiento se debe ejecutar lo más pronto posible, para evitar que se complete el ciclo biológico del insecto.

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar la tala de todos los árboles supervivientes pero afectados por el fuego, indiscriminadamente, por el simple motivo de la presencia de ataques por insectos perforadores.

4.2 I Aprovechamientos silvopastorales

Sin información.

5. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA

5.1 Aves

5.1 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Si se utiliza este sistema de aprovechamiento a la escala adecuada se puede favorecer la diversidad de aves de hábitats abiertos.^{84,134} Se puede emplear este sistema para favorecer a especies de aves de medios abiertos (siempre y cuando las poblaciones se encuentren lo bastante cerca para colonizar el área quemada) que, debido a la pérdida de hábitat ocasionada por la intensificación de la agricultura y por el abandono de zonas agrícolas y ganaderas marginales, se encuentran amenazadas a escala europea. No obstante, se desaconseja aplicar este sistema de aprovechamiento en toda la superficie quemada y es recomendable retener parte de los árboles quemados.¹³⁴ La aplicación de este sistema de aprovechamiento con el objetivo de restaurar el hábitat para especies de medios abiertos se tendría que evaluar a escala regional, puesto que es el sistema de aprovechamiento más perjudicial para la mayoría de otras especies animales.

5.1 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

☞ **MEJOR.** Con este sistema de aprovechamiento aumenta el número de especies de aves frugívoras en invierno si se disponen las ramas formando pilas o fajinas. Los pájaros dispersantes de semillas que seleccionan estratos de vegetación más bajos (como las currucas y los petirrojos) utilizan más las pilas o fajinas que otras estructuras del hábitat (suelo, estrato arbustivo, árboles quemados o árboles vivos dentro del área quemada), y las semillas procedentes de sus excrementos encuentran un microhábitat más propicio para germinar (véase la ficha “1. Regeneración de la cubierta vegetal”). Se recomienda la creación de como mínimo 20 pilas de ramas por ha para aumentar las probabilidades de que la zona quemada albergue una mayor riqueza y una mayor abundancia de especies de pájaros frugívoros.¹³³ Es mejor emplear todo el árbol quemado, fijando el tronco desramado al suelo con estacas (si se fija correctamente, puede servir como medida contra la erosión, véase la ficha “7.2 Dispositivos de control de la erosión”) y apilando encima las ramas, llegando a alturas de entre 0,5 y 1 m, pero usar solo las ramas puede ser igual de eficaz.¹³³

.....

☞ **MEDIO.** En el aprovechamiento por tronco completo dejando las ramas esparcidas la riqueza en especies y la abundancia de individuos son intermedias entre las de los rodales sin aprovechamiento y las de los rodales con aprovechamiento por árbol completo.²¹

5.1 c Sin aprovechamiento

☞ **MEJOR.** Parte de las especies de aves de medios forestales cerrados (como los mitos y los arrendajos) pueden continuar presentes en las áreas quemadas sin corta de recuperación^{21,84} hasta que los árboles quemados terminen cayendo. En estos medios, estas especies continúan desarrollando los roles de control de las poblaciones de insectos y de dispersión de las bellotas.²¹

☞ **MEDIO.** Apear una parte de los árboles para dejarlos en el suelo tiene efectos similares a no hacer ninguna intervención, a pesar de que la riqueza y la abundancia de especies forestales son ligeramente inferiores.²¹ En cambio, puede favorecer a ciertas especies de sotobosque.

5.1 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** Evitar efectuar trabajos forestales entre el 1 de marzo y el 30 de junio. Debe avanzarse algunos días este periodo en las zonas más cálidas y retrasarlo en las zonas más frías y de montaña.

Evitar efectuar trabajos forestales durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de grandes aves y de mamíferos en las áreas estipuladas por los servicios de medio natural de cada comunidad autónoma. Se entiende por sensibles las especies amenazadas y afectadas por el ruido y por el paso de maquinaria y de personas cerca de su territorio de reproducción.

☞ **MEDIO.** Evitar efectuar trabajos forestales entre el 15 de abril y el 15 de junio. Debe avanzarse algunos días este periodo en las zonas más cálidas y retrasarlo en las zonas más frías y de montaña.

Evitar efectuar trabajos forestales durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de grandes aves y de mamíferos en las áreas estipuladas por los servicios de medio natural de cada comunidad autónoma. Se entiende por sensibles las especies amenazadas afectadas por el ruido y por el paso de maquinaria y de personas cerca de su territorio de reproducción.

☞ **PEOR.** No disponer de un calendario de los trabajos forestales dificulta la coordinación con los agentes de los servicios de medio natural para reducir las molestias durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de grandes aves y de mamíferos.

5.1 e Localización de la corta

A mejor. Para los árboles muertos que se dejen en el tramo de corta, se aconseja disponerlos ma-

.....

yoritariamente de manera agrupada y dejar algunos árboles muertos en pie (*snags*) dispersos.⁶³ Esta disposición en mosaico permite conservar un ambiente más cerrado para las aves forestales, a la vez que proporciona áreas abiertas para las aves de medios abiertos. Los árboles muertos en pie dispersos no perjudicarán a las especies que necesitan ambientes abiertos y servirán de posadero.^{21,64,129} Se pueden dejar los árboles agrupados sin talar en las zonas más sensibles a la erosión¹³⁴ y según las recomendaciones de “0.3 Zonas de conservación de árboles en pie”.

☞ **PEOR.** Disponer los árboles muertos que se dejen en el tramo de corta distribuidos de manera uniforme no crea un ambiente que atraiga a las aves forestales, aunque se conserve el 10 % de los pies y se dejen las ramas en el suelo.²²

5.1 f Intensidad de la corta

☞ **MEJOR.** Para favorecer a las especies de aves que dependen de los árboles muertos en pie (*snags*) se aconseja dejar 300 árboles muertos quemados en pie por hectárea, que tendrían que medir como mínimo 22,5 cm de diámetro normal y 2 m de altura.⁶³ De no ser posible lograr este diámetro, hay que prever una distribución amplia de los árboles residuales, priorizando a los de mayores dimensiones.¹³⁴

☞ **MEDIO.** Para favorecer a las especies de aves que dependen de los árboles muertos en pie (*snags*) se aconseja dejar 200 árboles muertos quemados en pie por hectárea, que tendrían que medir como mínimo 22,5 cm de diámetro normal y 2 m de altura.⁶³

☞ **PEOR.** Para favorecer a las especies de aves que dependen de los árboles muertos en pie (*snags*) se aconseja dejar 100 árboles muertos quemados en pie por hectárea, que tendrían que medir como mínimo 22,5 cm de diámetro normal y 2 m de altura.⁶³

5.1 g Desembosque

Sin información.

5.1 h Preparación del terreno

Sin información.

5.1 i Meteorología

Sin información.

5.1 j Pendiente

Sin información.

5.1 k Trabajos específicos

Si se quiere aprovechar la corta de recuperación para favorecer a las aves de medios abiertos (por ejemplo la perdiz o el águila perdicera), además de los aprovechamientos silvopastorales, otras medidas a tomar pueden ser.¹²⁹

La plantación de cereales (trigo, cebada, avena o centeno) o de legumbres (altramuces o esparceta) en cultivo ecológico.

La instalación de bebederos cerca de los arbustos y de balsas que recojan el agua de lluvia.

El desbroce en los matorrales densos y continuos, de menos de 1 ha y de forma alargada.

El clareo de los rodales jóvenes de pino regenerado por el fuego, a menos de 1.000 brinzales/ha, y el recepe de robles y de encinas, a menos de 100 chirpiales/ha.

La instalación de madrigueras artificiales para conejos formadas por palets, tubos o piedras, en lugares con poco recubrimiento vegetal y con suelos demasiado duros para ser excavados.

La selección de rebrotes en montes bajos de madroño permite aumentar la calidad de los frutos producidos (mayor peso seco, mayor número de semillas por fruto y menor tasa de aborto de las semillas) manteniendo al mismo tiempo su cantidad.¹²¹

5.1 l Aprovechamientos silvopastorales

El pastoreo extensivo es la manera más eficaz y sostenible para mantener parcelas de hábitats abiertos que serán utilizadas por las aves que se alimentan en estos medios.¹²⁹ No obstante, deben acotarse estos pastos los primeros años después del incendio para reducir los problemas de erosión del suelo (véase la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”) y favorecer el recubrimiento del suelo por una cubierta vegetal protectora (véase la ficha “1. Regeneración de la cubierta vegetal”).

5. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA

5.2 Mamíferos

5.2 a Sistema d'aprofitament per arbre sencer

CONEJO

Este sistema de aprovechamiento puede facilitar la movilidad de los conejos y la disponibilidad de alimento, pero puede tener el inconveniente de carencia de refugio.¹²⁹

ROEDORES

Es el peor sistema de aprovechamiento para los roedores, tanto para los de áreas abiertas (que no encuentran refugios)⁷⁰ cómo para los de hábitats cubiertos.⁵⁸

UNGULADOS

Es el sistema que más facilita el acceso a las plántulas de la regeneración por parte de los herbívoros ungulados, lo que puede suponer problemas para la regeneración vegetal.

5.2 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

CONEJO

☞ **MEJOR.** Este puede ser el mejor sistema de aprovechamiento para el conejo si se apilan ramas para crear lugares de refugio. Estas pilas también son beneficiosas si hay poca vegetación que proporcione cubierta para la cría o si el suelo es demasiado duro para ser excavado. Los espacios abiertos entre las pilas de ramas servirán de lugar de alimentación y facilitarán la movilidad del conejo.¹²⁹

.....

☞ **MEDIO.** Si se dejan las ramas dispersas no proporcionarán un refugio tan seguro como si están apiladas y no habrá tanta abundancia de zonas abiertas para la alimentación y la movilidad del conejo.

☞ **PEOR.** Si se opta por retirar las ramas (cosa que puede dejar al conejo sin refugio) se tendrá que hacer al mismo tiempo que se corten los árboles.¹³⁰

ROEDORES

Los roedores de áreas abiertas, pero que necesitan escondrijos, se benefician de este sistema de aprovechamiento.⁷⁰ La mejor disposición de las ramas es formando pilas o fajinas, y pueden amontonarse manualmente o mecánicamente.¹⁵⁰ Para los roedores de áreas cubiertas, lo mejor es dejar troncos quemados en el suelo, que utilizarán para desplazarse, para orientarse, para alimentarse, para criar y para refugiarse. Si no se pueden dejar troncos, hay que asegurarse de dejar en el suelo las ramas más gruesas.⁵⁸

UNGULADOS

Este sistema de aprovechamiento puede dificultar el acceso a las plántulas de la regeneración por parte de los herbívoros ungulados. Se ha demostrado su eficacia al disminuir el consumo por parte de los jabalíes de bellotas plantadas.⁷⁷

5.2 c Sin aprovechamiento

CONEJO

La ausencia de aprovechamiento tendría que proporcionar los mismos beneficios para los conejos que el aprovechamiento por árbol completo, puesto que no deja ramas en el suelo que obstaculicen su movilidad y reduzcan la disponibilidad de alimento. El refugio aumentará gradualmente con el tiempo, a medida que vayan cayendo los árboles muertos y sus ramas.

ROEDORES

Las poblaciones de roedores se recuperan mejor si después de un incendio no se hace ninguna intervención, en comparación con un aprovechamiento por tronco completo dejando las ramas o con un aprovechamiento por árbol completo. Así, la recuperación de las comunidades de roedores se acelera de 1 a 2 años, o más, según la especie. Entre los dos sistemas de aprovechamiento (tronco completo o árbol completo), uno u otro pueden ser más o menos perjudiciales según las preferencias de hábitat (abierto o cerrado) de las especies de roedores que se considere.⁶²

UNGULADOS

Es aconsejable dejar que los árboles caigan por sí mismos para dificultar el acceso a las plántulas por parte de los ungulados.⁴²

5.2 d Momento oportuno de la corta

☞ **MEJOR.** Evitar efectuar trabajos forestales entre el 1 de marzo y el 30 de junio. Debe avanzarse algunos días este periodo en las zonas más cálidas y retrasarlo en las zonas más frías y de montaña.

Evitar efectuar trabajos forestales durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de grandes aves y de mamíferos en las áreas estipuladas por los servicios de medio natural de cada comunidad autónoma. Se entiende por sensibles las especies amenazadas y afectadas por el ruido y por el paso de maquinaria y de personas cerca de su territorio de reproducción.

☞ **MEDIO.** Evitar efectuar trabajos forestales entre el 15 de abril y el 15 de junio. Debe avanzarse algunos días este periodo en las zonas más cálidas y retrasarlo en las zonas más frías y de montaña.

Evitar efectuar trabajos forestales durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de grandes aves y de mamíferos en las áreas estipuladas por los servicios de medio natural de cada comunidad autónoma. Se entiende por sensibles las especies amenazadas afectadas por el ruido y por el paso de maquinaria y de personas cerca de su territorio de reproducción.

☞ **PEOR.** No disponer de un calendario de los trabajos forestales dificulta la coordinación con los agentes de los servicios de medio natural para reducir las molestias durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de grandes aves y de mamíferos.

5.2 e Localización de la corta

Conservar intactos los parches sin quemar, incluyendo los árboles muertos o chamuscados que pueda haber en su interior. Estas áreas servirán de núcleo de colonización para las especies que han sobrevivido al fuego.⁸

CONEJO

No es necesario considerar las condiciones de dureza del suelo para localizar las cortas de recuperación siempre y cuando haya bastante vegetación para proporcionar a los conejos escondrijos que sirvan de refugio y para la cría.¹³⁰

5.2 f Intensidad de la corta

Sense informació.

5.2 g Desembosque

Sense informació.

5.2 h Preparación del terreno

Sense informació.

5.2 i Meteorología

Sense informació.

5.2 j Pendiente

Sense informació.

5.2 k Trabajos específicos

La selección de rebrotes en montes bajos de madroño permite aumentar la calidad de los frutos producidos (mayor peso seco, mayor número de semillas por fruto y menor tasa de aborto de las semillas) manteniendo al mismo tiempo su cantidad.¹²¹

5.2 l Aprovechamientos silvopastorales

Sin información.

5. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA

5.3 Herpetofauna

5.3 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

REPTILES

El aumento de luz en el suelo beneficia a los reptiles. No obstante, si después de una corta de recuperación el área quemada carece de refugios (como rocas de más de 30 cm x 30 cm o de paredes de piedra seca) es conveniente crearlos. Deben dejarse árboles o troncos, en pie y apeados (estos últimos son utilizados como lugar de insolación y como refugio). Un refugio adecuado hecho con troncos es disponer dos trozas de 1,2 m de largo y de 20 cm de diámetro como mínimo, adyacentes longitudinalmente, a razón de ≥ 6 refugios/ha. La cantidad dependerá de la abundancia de otros refugios naturales.^{92,141}

5.3 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

REPTILES

El aumento de luz en el suelo beneficia a los reptiles. No obstante, si después de una corta de recuperación el área quemada carece de refugios (como rocas de más de 30 cm x 30 cm o de paredes de piedra seca) es conveniente crearlos. Deben dejarse árboles o troncos, en pie y apeados (estos últimos son utilizados como lugar de insolación y como refugio), y apilar las ramas (que servirán también de refugio). Un refugio adecuado hecho con troncos es disponer dos trozas de 1,2 m de largo y de 20 cm de diámetro como mínimo, adyacentes longitudinalmente, a razón de ≥ 6 refugios/ha. La cantidad dependerá de la abundancia de otros refugios naturales.^{92,141}

5.3 c Sin aprovechamiento

REPTILES

El aumento de luz en el suelo beneficia a los reptiles. No obstante, si el área quemada carece de refugios (como rocas de más de 30 cm x 30 cm o de paredes de piedra seca) es conveniente crearlos. Deben apearse algunos troncos (que son utilizados como lugar de insolación y como refugio), se desraman y se apilan las ramas (servirán también de refugio). Un refugio adecuado hecho con troncos es disponer dos trozas de 1,2 m de largo y de 20 cm de diámetro como mínimo, adyacentes longitudinalmente, a razón de ≥ 6 refugios/ha. La cantidad dependerá de la abundancia de otros refugios naturales. La ausencia de aprovechamiento es la mejor opción para las especies a las que más molesta la actividad humana.^{92,141}

ANFIBIOS

La ausencia de aprovechamiento es la opción que favorece más a los anfibios, puesto que les proporciona refugio contra el exceso de calor.¹⁴⁸ Para acelerar los beneficios se puede apearse los árboles, sobre todo los más gruesos, y dejarlos en el suelo, donde actuarán como refugios y mantendrán cierta humedad a nivel del suelo.

5.3 d Momento oportuno de la corta

Hay que evitar efectuar trabajos forestales durante las épocas de reproducción de las especies sensibles de reptiles y anfibios en las áreas estipuladas por los servicios de medio natural de cada comunidad autónoma. Se entiende por sensibles las especies amenazadas afectadas por el ruido y por el paso de maquinaria y de personas cerca de su territorio de reproducción.

5.3 e Localización de la corta

Deben conservarse intactos los parches sin quemar, incluyendo los árboles muertos o chamuscados que pueda haber en su interior. Estas áreas servirán de núcleo de colonización para las especies que han sobrevivido al fuego.⁸

5.3 f Intensidad de la corta

Sin información.

5.3 g Desembosque

Sin información.

5.3 h Preparación del terreno

Sin información.

5.3 i Meteorología

Sin información.

5.3 j Pendiente

Sin información.

5.3 k Trabajos específicos

REPTILES

Si después de la corta de recuperación hay pocas rocas de grandes dimensiones (más de 30 cm x 30 cm x 5 cm de grosor) en el terreno y no se quiere dejar troncos de grandes dimensiones en el tramo de corta, se pueden crear refugios artificiales, de roca o de hormigón, a razón de ≥ 6 refugios/ha. Deben evitarse los refugios de metal, que se calientan demasiado durante el día y conservan poco el calor durante la noche.⁹²

5.3 l Aprovechamientos silvopastorales

Sin información.

6. REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO POSTERIOR

6.0 Condiciones generales

6.0 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

El sistema de aprovechamiento por árbol completo es el método más eficaz para reducir el combustible disponible para incendios posteriores. Los pocos restos de madera quemada que quedan en el tramo de corta no requieren ningún tratamiento subsiguiente.¹²⁷

6.0 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

El sistema de aprovechamiento por tronco completo tiene el inconveniente de dejar en el suelo las ramas y las copas, que aumentan inmediatamente la cantidad de combustible fino de superficie,³⁶ y que además, en el caso de los pinos, por su pequeño diámetro tardan más en descomponerse que los troncos.⁹⁶ Estos restos se pueden inflamar y pueden propagar las llamas rápidamente, pero si su masa es poco abundante crearán fuegos de escasa intensidad.¹⁷

Si no se quiere destinar las ramas a la creación de pilas para favorecer la fauna y la flora o a la construcción de dispositivos de control de la erosión, véase la recomendación “6.0 k Trabajos específicos” para conocer el procesado recomendado para estos restos.

6.0 c Sin aprovechamiento

No realizar ningún aprovechamiento evita la aportación inmediata de combustible de superficie, pero a medio plazo (a partir del tercer año después del incendio) se empiezan a acumular en el suelo tanto los troncos como las ramas, todavía con capacidad para quemar y en cantidades superiores a las observadas en bosques donde no ha habido aprovechamiento durante un largo periodo de tiempo.^{71,127} Así pues, apear los árboles para dejarlos simplemente en la zona quemada no aporta ningún beneficio frente a futuros incendios, puesto que su caída se producirá de

.....

forma natural. Apear los árboles para dejarlos *in situ* tendría que tener otras finalidades, como evitar futuros daños sobre el regenerado que se establezca después del incendio por la caída de los troncos y de las copas, o favorecer la fauna de ambientes forestales cerrados.

6.0 d Momento oportuno de la corta

Sin información.

6.0 e Localización de la corta

ÁREAS DE FOMENTO DE LA GESTIÓN

Las áreas de fomento de la gestión (AFG) son zonas donde se aplican tratamientos estratégicos para incidir en la capacidad máxima de propagación de un incendio y generar así, indirectamente, un abanico mayor de oportunidades de control. Para reducir el riesgo de incendio posterior se recomiendan los aprovechamientos postincendio por árbol completo o, en el caso de tronco completo, que se eliminen los restos por astillado/troceado *in situ* y en el camino. No es recomendable dejar los restos seccionados y tendidos en el suelo.¹¹ Para los diferentes tipos de incendio que se dan en Cataluña, las AFG son:

Fondos de barranco y nudos de barranco, en áreas afectadas por fuegos topográficos.

Partes altas de crestas orientadas hacia el sur, el suroeste y el oeste, en áreas afectadas por fuegos de convección con o sin viento.

Zonas a sotavento o a contraviento, en áreas afectadas por fuegos conducidos por el viento.

Nudos de crestas, en áreas afectadas por fuegos conducidos por el viento.

Puertos de montaña, en áreas afectadas por fuegos conducidos por el viento.

El tamaño del área que debe considerarse varía en función de las características concretas, pero se puede fijar una dimensión mínima de 60 m de longitud de manera orientativa (por ejemplo, en un nudo de barranco, 30 m a ambos lados de la línea de vaguada).¹¹ Véase la recomendación “6.0 k Trabajos específicos” para obtener más información sobre el tratamiento de los restos de corta.

DISTRIBUCIÓN DE LOS ÁRBOLES EN PIE

En caso de tala parcial, conservar los árboles muertos en pie (*snags*) agrupados o dispersos parece no influir en la temporización de su caída, y por lo tanto la aportación de combustible de superficie se hará al mismo ritmo.¹²⁸ En caso de incendio posterior, la dis-

.....

posición agrupada de los árboles muertos en pie puede crear fuegos más heterogéneos, con áreas más intensas donde ha habido retención de árboles muertos en pie, mientras que la disposición dispersa puede crear fuegos más homogéneos, con una intensidad menor que la de los sitios donde se hayan conservado los árboles muertos en pie agrupados.

6.0 f Intensidad de la corta

☞ **MEJOR.** En caso de tala parcial, deben conservarse en pie los árboles de mayor diámetro: aguantan más tiempo erguidos y por lo tanto no acumularán combustible en el suelo tan rápidamente. Además, los troncos de grandes dimensiones son menos inflamables y propagan el fuego más lentamente.¹²⁸

Para los bosques de interior, en el oeste de los Estados Unidos, a fin de reducir el peligro de incendio posterior, se aconseja no superar las 45 toneladas de restos quemados por ha en los bosques secos y cálidos, y las 67 toneladas de restos quemados por ha en los bosques frescos o de zonas montañosas húmedas.¹⁷

☞ **MEDIO.** En caso de dejar *in situ* una parte o la totalidad de la madera muerta sin astillar, se aconseja no superar las cantidades que se mencionan a continuación, ya que en caso de incendio generarían situaciones difíciles de controlar.¹⁷

Si se dejan hasta 11 toneladas/ha de combustible fino (< 7,5 cm de diámetro), no deben dejarse más de 56 toneladas de combustible grueso (> 7,5 cm de diámetro).

Si se dejan hasta 22 toneladas/ha de combustible fino (< 7,5 cm de diámetro), no deben dejarse más de 33 toneladas de combustible grueso (> 7,5 cm de diámetro).

Si se dejan hasta 33 toneladas/ha de combustible fino (< 7,5 cm de diámetro), no deben dejarse más de 11 toneladas de combustible grueso (> 7,5 cm de diámetro).

☞ **PEOR.** En caso de dejar *in situ* una parte o la totalidad de la madera muerta sin astillar, se aconseja no superar las cantidades que se mencionan a continuación, ya que en caso de incendio generarían situaciones difíciles de controlar.¹⁷

Si se dejan hasta 11 toneladas/ha de combustible fino (< 7,5 cm de diámetro), no deben dejarse más de 90 toneladas de combustible grueso (> 7,5 cm de diámetro).

Si se dejan hasta 22 toneladas/ha de combustible fino (< 7,5 cm de diámetro), no deben dejarse más de 56 toneladas de combustible grueso (> 7,5 cm de diámetro).

Si se dejan hasta 33 toneladas/ha de combustible fino (< 7,5 cm de diámetro), no deben dejarse más de 33 toneladas de combustible grueso (> 7,5 cm de diámetro).

6.0 g Desembosque

Sin información.

6.0 h Preparación del terreno

APROVECHAMIENTO POR TRONCO COMPLETO

Si después del incendio la regeneración es escasa y se opta por reforestar los rodales mediante la plantación, deberá liberarse el suelo de los restos de madera quemada (si no se ha procedido a un aprovechamiento por árbol completo). Los restos se pueden astillar, trocear¹ o crear pilas o fajinas. Si estas estructuras cubren una superficie demasiado importante se puede optar por quemarlas. Controlando las operaciones de quema se puede manipular hasta un cierto punto la cantidad de calor generado (disminuyendo el daño a la flora y al suelo) y la cantidad de madera consumida (conservando un cierto uso para la fauna y para el control de la erosión). Los impactos negativos de esta práctica incluyen la posibilidad de que el fuego se escape, el humo, un exceso de calor que altere el suelo y un consumo excesivo de los restos de gran diámetro que podrían servir para la fauna.¹⁰⁹

6.0 i Meteorología

Sin información.

6.0 j Pendiente

Sin información.

6.0 k Trabajos específicos

APROVECHAMIENTO POR TRONCO COMPLETO SIN APROVECHAMIENTO DE LAS RAMAS

Astillado o troceado de los restos: En caso de que se astillen los restos, las astillas deberán esparcirse uniformemente por el tramo de corta pero sin sobrepasar los 3 cm de grosor, para evitar la creación de una capa demasiado gruesa que dificulte la germinación y para asegurarse de que estas astillas estén en contacto con el suelo, y así se conserven húmedas y se reduzca su inflamabilidad.¹ Ya que la madera troceada puede quemar más intensamente que las astillas, se aconseja esparcirla de manera heterogénea por el tramo de corta, para evitar grandes continuidades de material que pueda arder con facilidad.¹

.....

Creación de pilas o fajinas: La madera acumulada, sobre todo las fracciones finas como las ramas, puede suponer una peligrosa carga de combustible. Debe evitarse concentrar esta madera en cordones o líneas continuas de gran extensión, puesto que pueden aumentar la propagación de un futuro incendio y dificultar las tareas de extinción. Una gran concentración de madera en fajinas podría generar áreas de fuerte intensidad de combustión.¹

Proximidad de caminos: Es recomendable no dejar los restos de la corta a ambos lados de los caminos rurales o forestales. Esta prohibición a menudo está regulada por la administración; hay que informarse sobre ello.

REGENERACIÓN ARTIFICIAL

Si después de un fuego se decide regenerar artificialmente la zona quemada (ya sea por plantación o mediante enriquecimiento) se debería orientar los rodales hacia tipos forestales con menos riesgo de incendio, aunque una conversión importante puede ser difícil y costosa.¹⁷⁰

SELECCIÓN DE REBROTES EN MONTES BAJOS DE MADROÑO

En los montes bajos de madroño, la selección de rebrotes permite romper la continuidad de combustible, tanto vertical como horizontal, que de otra manera se podría mantener durante mucho tiempo. Esta acción también permite eliminar precozmente los rebrotes que, de todas maneras, acabarían muriendo y acumulando biomasa. Una selección de rebrotes al año siguiente es recomendable.¹²¹

6.0 | Aprovechamientos silvopastorales

El pastoreo influirá en la cantidad de combustible vivo, pero no en el muerto y quemado, exceptuando el pisoteo que las vacas puedan hacer sobre el ramaje muerto, rompiéndolo y compactándolo. Pero este pisoteo será poco importante y presentará poca extensión, puesto que está sobre todo destinado a abrir caminos entre las áreas de pasto.¹⁵³

No obstante, en los primeros años después del incendio se debería priorizar la regeneración de la cubierta vegetal y la prevención de la erosión del suelo, más que la reducción de la carga de combustibles a través del pastoreo (véanse las fichas “1. Regeneración de la cubierta vegetal” y “2. Reducción de la erosión del suelo”). Una vez recuperada la cubierta vegetal, se puede controlar o disminuir la cantidad de combustible leñoso fino mediante el pastoreo de cabras.

7. CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS HÁBITATS FLUVIALES Y DE RIBERA

7.1 Bosques de ribera y cursos de agua

7.1 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

- ☞ **MEJOR.** Evitar cortar y retirar los árboles (muertos o vivos) de los bosques de ribera.¹⁶⁵
- ☞ **MEDIO.** En caso de realizar una corta parcial, dejar los árboles muertos de mayores dimensiones, puesto que son los menos móviles por el río y los que, por lo tanto, permanecerán más tiempo en los hábitats de ribera y fluvial.³²

7.1 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

- ☞ **MEJOR.** Evitar cortar y retirar los árboles (muertos o vivos) de los bosques de ribera.¹⁶⁵
- ☞ **MEDIO.** En caso de realizar una corta parcial, dejar los árboles muertos de mayores dimensiones, puesto que son los menos móviles por el río y los que, por lo tanto, permanecerán más tiempo en los hábitats de ribera y fluvial.³²

7.1 c Sin aprovechamiento

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

- ☞ **MEJOR.** No hacer ningún aprovechamiento es el mejor escenario para conservar la calidad biológica y geomorfológica de los hábitats fluviales y de los bosques de ribera.¹⁶⁵

7.1 d Momento oportuno de la corta

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

☞ **MEJOR.** Evitar las cortas de recuperación pocos meses antes y durante los periodos de desove de los peces y anfibios. En esos momentos la aportación de sedimentos a los cursos de agua perjudica el desarrollo de los huevos.³²

7.1 e Localización de la corta

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

Debe conservarse una franja de bosque de ribera y de bosque adyacente a cursos de agua perennes o intermitentes con una intensidad de tala baja o nula.³²

☞ **MEJOR.** Esta franja debería medir como mínimo 40 m de anchura.²⁷

☞ **MEDIO.** Esta franja debería medir como mínimo 20 m de anchura.²⁷

☞ **PEOR.** Esta franja debería medir como mínimo 10 m de anchura.²⁷

BOSQUES, NI DE RIBERA NI ADYACENTES A TORRENTES

Debe conservarse una franja de árboles quemados sin cortar, y donde no habrá circulación de maquinaria, en el perímetro de la zona quemada. Esto puede reducir la escorrentía y la exportación de sedimentos aguas abajo y evitar que agua y sedimentos de zonas no quemadas aguas arriba crucen el área incendiada y se sumen al poder erosivo de esta.^{27,105}

☞ **MEJOR.** Conservar una franja de entre 30 y 60 m de anchura en todo el perímetro del fuego (aguas abajo y aguas arriba), donde no se hará ningún aprovechamiento ni habrá circulación de maquinaria.

☞ **MEDIO.** Conservar una franja de entre 30 y 60 m de anchura en todo el perímetro del fuego aguas abajo, donde no se hará ningún aprovechamiento ni habrá circulación de maquinaria.

☞ **PEOR.** Conservar una franja de entre 30 y 60 m de anchura en todo el perímetro del fuego aguas abajo, donde no habrá circulación de maquinaria pero donde se podrán aprovechar solo los árboles que se puedan cortar y desemboscar desde el tramo de corta, sin abrir calles de desembosque ni arrastraderas.

7.1 f Intensidad de la corta

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

Los impactos sobre los hábitats fluviales son mayores en los tramos con mayor intensidad de corta, en las cabeceras de los ríos y en los cursos que fluyen por lechos de guijas (más fácilmente erosionables lateralmente si se corta vegetación).^{32,122} Las cortas de los bosques de ribera perjudican especialmente a los anfibios.²⁷

☞ **MEJOR.** En los bosques de ribera, retener todos los árboles quemados. Apear solo los que presenten riesgo de caer sobre los caminos o infraestructuras.

☞ **MEDIO.** En los bosques de ribera, aprovechar solo los árboles muertos que se puedan talar y desemboscar exclusivamente desde el camino más cercano, sin abrir calles de desembosque ni arrastraderas. Conservar todos los árboles de las cabeceras de los cursos de agua, incluidos los caídos.

☞ **PEOR.** Realizar un aprovechamiento de todos los árboles de ribera quemados.

7.1 g Desembosque

En el tramo de corta, se aconseja aplicar las recomendaciones de la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”.

7.1 h Preparación del terreno

En el tramo de corta, se aconseja aplicar las recomendaciones de la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”.

7.1 i Meteorología

En el tramo de corta, se aconseja aplicar las recomendaciones de la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”.

7.1 j Pendiente

En el tramo de corta, se aconseja aplicar las recomendaciones de la ficha “2. Reducción de la erosión del suelo”.

7.1 k Trabajos específicos

Las cortas de recuperación, tanto las realizadas en los bosques quemados como en los bosques de ribera, afectan al medio acuático y deberían ser compatibles con la restauración fluvial.⁶⁶

BOSQUES DE RIBERA O ADYACENTES A CURSOS DE AGUA O TORRENTES

Desde un punto de vista hidráulico, la gestión de la madera muerta requiere que se evalúen, tramo a tramo, los riesgos y las ventajas que comportan los núcleos de madera dentro del cauce. Además, para llevar a cabo una buena gestión de estos materiales muertos es preciso conocer la dinámica fluvial y los puntos hidráulicos singulares del ámbito de estudio.⁶¹ Desde un punto de vista ecológico, la retirada de la madera quemada de los bosques de ribera implica la supresión a largo plazo de la única fuente de madera muerta de grandes dimensiones en aquel tramo de río, puesto que habrá que esperar al crecimiento de la regeneración arbórea hasta dimensiones de árboles adultos.^{32,122} Además, los bosques de ribera existentes pueden capturar la madera muerta que flota por el río.³⁸

Las presas para retener sedimentos en las cabeceras (*debris dams* o *check dams*) solo son eficaces mientras se llenan y durante episodios de lluvia que no sean extremos. Una vez llenas, el agua rebosa, transportando los sedimentos curso abajo.^{49,108,165} Además, suponen una barrera para la colonización río arriba por parte de los peces.¹⁶⁵ No debe colocarse ninguna estructura en el cauce, en la orilla ni en la ribera del río o del torrente (*debris dams* o *check dams*, escolleras o troncos grandes situados artificialmente).⁶⁶

☞ **MEJOR.** Conservar toda la madera muerta en los bosques de ribera. Retirla solo en los tramos donde pueda encallarse en elementos antrópicos como puentes, vados y esclusas. Si es posible, debe hacerse sin utilizar maquinaria pesada y colocarla en espacios naturales del bosque de ribera, lejos de la corriente fluvial.¹⁰⁸

La caña (*Arundo donax*), especie exótica e invasora, propaga el fuego a través de los bosques de ribera. Si hay zonas de cañaveral quemadas, se podría aprovechar la presencia de trabajadores forestales y de maquinaria en las cortas de recuperación para proceder al control de esta especie.¹⁶⁵

☞ **EVITAR.** Es preciso evitar sembrar especies exóticas o alóctonas para estabilizar los taludes del cauce; deben preferirse las especies autóctonas.¹⁶⁵

No debe circularse por el cauce, la orilla ni la ribera del río o torrente fuera de los caminos.⁶⁶

BOSQUES QUEMADOS (NI DE RIBERA NI ADYACENTES A TORRENTES)

Es preciso asegurarse de que las calles de desembosque y las arrastraderas se revegetalizan al mismo ritmo que la zona cortada, y evitar la creación de nuevos caminos.⁶⁶

Asimismo, hay que asegurarse de que los caminos forestales disponen de sumideros de sedimentos adecuados.⁶⁶

Para instrucciones técnicas específicas, debe consultarse *La gestió i recuperació de la vegetació de ribera - Guia tècnica per a actuacions en riberes*⁶¹ y la *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones - Manual para gestores*.¹⁰⁸

7.1 | Aprovechamientos silvopastorales

El pastoreo altera los procesos de los ecosistemas reduciendo el recubrimiento herbáceo y de hojarasca, perturba y compacta el suelo, reduce la capacidad de infiltración y aumenta la erosión del suelo.¹⁰ Por estos motivos se tendrían que acotar los pastos en las zonas quemadas y adyacentes:

☞ **MEJOR.** Acotar los pastos en la zona quemada y también en las zonas comprendidas entre el área quemada y los cursos de agua, aunque estas últimas solo se hayan quemado con una baja intensidad, para proteger al ecosistema que frenará la llegada de los sedimentos y de la escorrentía al medio acuático.

☞ **MEDIO.** Acotar los pastos en la zona quemada, pero permitir un pastoreo moderado en las zonas comprendidas entre el área quemada y los cursos de agua.

☞ **PEOR.** Permitir el pastoreo en la zona quemada.

Sobre la duración recomendada de los acotamientos, deben consultarse las recomendaciones de la ficha “1. Regeneración de la cubierta vegetal”.

7. CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS HÁBITATS FLUVIALES Y DE RIBERA

7.2 Dispositivos de control de la erosión

7.2 a Sistema de aprovechamiento por árbol completo

Puesto que las zonas quemadas con aprovechamiento maderero son más propensas a la erosión, en áreas sensibles a la erosión y sin vegetación de ribera, o donde esta se ha quemado severamente y por lo tanto no puede cumplir su función de filtración y retención de sedimentos, se puede destinar una parte de los troncos de pino a la confección de diques de troncos y de residuos (*log debris dams*) y de barreras de troncos contra la erosión (*log erosion barriers*) en las zonas de más riesgo. En este caso, deben dejarse árboles apeados que posteriormente serán desramados para construir los dispositivos, y se aconseja aprovechar para dejar las ramas en el tramo de corta.

7.2 b Sistema de aprovechamiento por tronco completo/madera troceada

Puesto que las zonas quemadas con aprovechamiento maderero son más propensas a la erosión, en áreas sensibles a la erosión y sin vegetación de ribera, o donde esta se ha quemado severamente y por lo tanto no puede cumplir su función de filtración y retención de sedimentos, se puede destinar una parte de los troncos de pino a la confección de diques de troncos y de residuos (*log debris dams*) y de barreras de troncos contra la erosión (*log erosion barriers*) en las zonas de más riesgo. Este sistema de aprovechamiento genera troncos desramados que se pueden utilizar para crear dispositivos de control de la erosión.

7.2 c Sin aprovechamiento

En las zonas quemadas sin aprovechamiento forestal se podría obviar la instalación de diques de troncos y de residuos (*log debris dams*) y de barreras de troncos contra la erosión (*log erosion*

.....

barriers), puesto que la recuperación de la cubierta vegetal es más rápida y por el hecho de no circular maquinaria ni haber desembosque disminuye el riesgo de erosión. Si se quiere proteger infraestructuras aguas abajo, se puede optar por la construcción de balsas de sedimentación.

7.2 d Momento oportuno de la corta

Los dispositivos se tienen que instalar lo más rápidamente posible después de un incendio, puesto que es durante las primeras lluvias cuando se produce más erosión.⁴⁹

7.2 e Localización de la corta

La localización de los dispositivos de control de la erosión se debe optimizar en las zonas de más riesgo de erosión. Es preciso evaluar el riesgo de erosión lo más rápidamente posible después del incendio. Se puede utilizar la metodología descrita en *Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France*⁴⁸ o en la *Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación*.¹

Además, debe ponerse especial atención en instalar barreras en los puntos más sensibles a la erosión del suelo: discontinuidades del terreno que puedan concentrar la escorrentía, zonas con síntomas previos de erosión y zonas problemáticas asociadas a caminos forestales.¹

7.2 f Intensidad de la corta

Intensidades de corta menores requieren menos dispositivos de control de la erosión.

7.2 g Desembosque

Sin información.

7.2 h Preparación del terreno

Si se plantea instalar dispositivos de control de la erosión, se debe evitar hacer ninguna preparación del terreno, ya que esta es una de las principales fuentes de erosión en situación postincendio.¹⁴⁴

7.2 i Meteorología

Las barreras de troncos contra la erosión son eficientes para capturar sedimentos en periodos de precipitación de intensidad suave o moderada, pero no lo son durante episodios de lluvia torrencial e intensa.⁴⁹

7.2 j Pendiente

Las barreras de troncos contra la erosión son eficientes para capturar sedimentos en pendientes elevadas (35-55 %) pero no lo son en pendientes suaves (10-20 %) ni moderadas (20-35 %).⁴⁹

Se recomienda una densidad de 40 a 50 barreras/ha y 300 m lineales/ha. Así se consigue, en un 70 % de los casos, interrumpir el recorrido del agua de escorrentía antes de los 25 m y limitar el recorrido máximo de la escorrentía a 40 m.¹

7.2 k Trabajos específicos

Para obtener instrucciones más detalladas sobre la construcción de los dispositivos de control de la erosión en el contexto mediterráneo, puede consultarse el artículo “Evaluation of the efficiency of some sediment trapping methods after a Mediterranean forest fire”.⁴⁹

7.2 l Aprovechamientos silvopastorales

Sin información.

GLOSARIO

Área de fomento de la gestión: Localización donde hay que priorizar el control de cargas de combustible para limitar la potencialidad de un eventual gran incendio forestal. Estos tratamientos estratégicos no tienen relación directa con maniobras de extinción, pero sirven para incidir en la capacidad máxima de propagación de un incendio y para generar indirectamente un abanico mayor de oportunidades de control. Así, dentro de una finca forestal se pueden identificar una serie de localizaciones que, estén o no incluidas en la planificación específica para la defensa contra incendios, tienen un gran interés en la gestión del fuego.

Brinzal: *véase* Pimpollar.

Calidad de estación: Capacidad productiva relativa de un área forestal determinada para el desarrollo de una cierta especie o mezcla de especies afines. Es el resultado de la interacción de factores climáticos, edáficos, fisiográficos y microbiológicos. Define el grado de fertilidad de un terreno para el desarrollo del arbolado, el volumen de madera que un área puede sustentar en forma de arbolado en pie.

Chirpia: Conjunto de chirpiales.

Chirpial: *véase* Retoño.

Corta de recuperación: Tala de árboles muertos, moribundos o en vía de deterioro (por ejemplo, porque están en declive o dañados por el fuego, por el viento, por los insectos, por los hongos o por cualquier otro agente), antes de que su madera pierda todo el valor económico.

Enriquecimiento: Aumento del porcentaje de especies o de genotipos deseados, o de la biodiversidad, de un bosque mediante la plantación intercalar.

Fracción de cabida cubierta: Proyección vertical, sobre el suelo, de la parte aérea de una especie, de un grupo de especies o de un estrato vegetal; generalmente se expresa en porcentaje.

Fustal joven: Clase natural de edad, en silvicultura, formada por pies de diámetro normal comprendido entre 20 y 35 cm.

Hidrofobia: Repulsión de los suelos al agua que reduce las tasas de infiltración del agua acumulada en la superficie durante periodos de tiempo que pueden oscilar desde unos pocos segundos hasta horas, días o semanas.

Latizal: Clase natural de edad, en silvicultura, desde el comienzo de la poda natural hasta que se alcanza un diámetro normal de 20 cm.

Monte bravo: Clase natural de edad, en silvicultura, desde el inicio de tangencia de copas hasta el comienzo de la poda natural. La competencia se intensifica y la masa presenta un aspecto impenetrable.

Pimpollar, repoblado: Clase natural de edad, en silvicultura, formada por brinzales (pies nacidos de semilla comprendidos entre el brote seminal y hasta que se alcanza 1,30 m de altura). Al final de la clase suele haber tangencia de copas y empieza a manifestarse competencia en arbolado.

Quema prescrita, controlada: Fuego producido de forma intencionada, bajo absoluto control. Se aplica a los incendios prescritos que se provocan para prevenir fuegos de efectos muy dañinos, o como una práctica netamente silvícola.

Renuevo: Retoño formado después de los primeros retoños, a menudo tras la eliminación de estos mediante la selección de retoños. Su número se controla mediante la selección de renuevos.

Retoño, chirpial: Brote, generalmente en forma de roseta, que sale de la base del tallo principal de determinadas plantas y que se puede utilizar para su multiplicación. Los chirpiales pueden tener su origen en la cepa o en las raíces.

Roturación: Destrucción de la vegetación, espontánea o no, con vista a adecuar al cultivo un terreno no cultivado.

Tramo de corta: Zona de una tierra forestal donde una parte o la totalidad de los árboles han sido recientemente cortados. En estas fichas, el tramo de corta excluye las áreas quemadas donde se dejan los árboles en pie agrupados.

BIBLIOGRAFÍA

[1]
ALLOZA, J. A., GARCIA, S., GIMENO, T., BAEZA, J., VALLEJO, R., ROJO, L. & MARTÍNEZ, A. 2014. *Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación*. 1ª ed., Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 188.

[2]
ANDREU, V., IMESON, A. C. & RUBIO, J. L. 2001. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *CATENA* 44: 69-84.

[3]
APIGIAN, K. O., DAHLSTEN, D. L. & STEPHENS, S. L. 2006. Fire and fire surrogate treatment effects on leaf litter arthropods in a western Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management* 221: 110-122.

[4]
ARNAN, X., GRÀCIA, M., HORAS, R. M., ORDÓÑEZ, J. L., RETANA, J., VAYREDA, J., CAMPRODON, J., MARQUES, A., RODRÍGUEZ, J., VERICAT, P., BROTONS, L., PEDROCCHI, V., REAL, J., CARRERAS, J., FERRÉ, A., LLISTOSELLA, J., LLORENS, L., HERAS, J., ROJO, M., CARRERA, D. & CASTELL, C. 2010. *Les pinedes de pi blanc*. 1ª ed., *Manuals de gestió d'hàbitats*, Diputació de Barcelona. 169.

[5]
ARNAN, X., GRÀCIA, M., HORAS, R. M., ORDÓÑEZ, J. L., RETANA, J., VAYREDA, J., CAMPRODON, J., MARQUES, A., RODRÍGUEZ, J., VERICAT, P., BROTONS, L., PEDROCCHI, V., REAL, J., CARRERAS, J., FERRÉ, A., LLISTOSELLA, J., LLORENS, L., HERAS, J., ROJO, M., CARRERA, D. & CASTELL, C. 2011. *Les pinedes de pinassa*. 1ª ed., *Manuals de gestió d'hàbitats*, Diputació de Barcelona. 169.

- [6] ARNAN, X., GRÀCIA, M., MARTÍNEZ, J., HORAS, R. M., ORDÓÑEZ, J. L., RETANA, J., VAYREDA, J., CAMPRODON, J., MARQUES, A., RODRÍGUEZ, J., TAÜLL, M., VERICAT, P., BROTONS, L., PEDROCCHI, V., REAL, J., CARRERAS, J., FERRÉ, A., LLISTOSELLA, J., LLORENS, L., HERAS, J., ROJO, M., CARRERA, D. & CASTELL, C. 2011. *Les pinedes de pi roig*. 1^a ed., *Manuals de gestió d'hàbitats*, Diputació de Barcelona. 177.
- [7] AZOR, J. S., SANTOS, X. & PLEGUEZUELOS, J. M. 2015. Conifer-plantation thinning restores reptile biodiversity in Mediterranean landscapes. *Forest Ecology and Management* 354: 185-189.
- [8] BANKS, S. C., DUJARDIN, M., MCBURNEY, L., BLAIR, D., BARKER, M. & LINDENMAYER, D. B. 2011. Starting points for small mammal population recovery after wildfire: recolonisation or residual populations? *Oikos* 120: 26-37.
- [9] BAUTISTA, S., GIMENO, T., MAYOR, A. G. & GALLEGO, D. 2004. *Los tratamientos de la madera quemada tras los incendios forestales*. A *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo*, (eds. R. Vallejo & J. A. Alloza) Capítol 17, Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. 547-565.
- [10] BELSKY, A. J. & BLUMENTHAL, D. M. 1997. Effects of livestock grazing on stand dynamics and soils in upland forests of the interior West. *Conservation Biology* 11: 315-327.
- [11] BELTRÁN, M., PIQUÉ, M., VERICAT, P. & CERVERA, T. 2011. *Models de gestió per als boscos de pi blanc (Pinus halepensis Mill.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. 1^a ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 124.
- [12] BELTRÁN, M., VERICAT, P., PIQUÉ, M. & CERVERA, T. 2012. *Models de gestió per als boscos de pinassa (Pinus nigra Arn.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. 1^a ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 153.
- [13] BODÍ, M. B., BALFOUR, V. & PEREIRA, P. 2011. Quan passen les flames i el fum. *Mètode* 70: 89-94.
- [14] BROS, V., MORENO-RUEDA, G. & SANTOS, X. 2011. Does postfire management affect the recovery of Mediterranean communities? The case study of terrestrial gastropods. *Forest Ecology and Management* 261: 611-619.
- [15] BROTONS, L., HERRANDO, S. & MARTIN, J.-L. 2004. Bird assemblages in forests fragments within Mediterranean mosaics created by wild fires. *Landscape Ecology* 19: 663-675.

- [16] BROTONS, L., HERRANDO, S. & PONS, P. 2008. Wildfires and the expansion of threatened farmland birds: the ortolan bunting *Emberiza hortulana* in Mediterranean landscapes. *J. Appl. Ecol.* 45: 1059-1066.
- [17] BROWN, J. K., REINHARDT, E. D. & KRAMER, K. A. 2003. *Coarse woody debris: managing benefits and fire hazard in the recovering forest*. General technical report RMRS-GTR-105, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 16.
- [18] BUDDLE, C. M., LANGOR, D. W., POHL, G. R. & SPENCE, J. R. 2006. Arthropod responses to harvesting and wildfire: Implications for emulation of natural disturbance in forest management. *Biological Conservation* 128: 346-357.
- [19] CARRILLO GARCÍA, C., MADRIGAL OLMO, J., DÍEZ GALILEA, C., ESPINOSA PRIETO, J., GUIJARRO GUZMÁN, M. & HERNANDO LARA, C. 2017. *Efecto de la severidad del fuego, la saca de la madera quemada y factores ecológicos locales en la regeneración de Pinus pinaster Ait. tras el gran incendio forestal de El Rodenal de Guadalajara (2006-2016)*. A, 2017, Plasencia, Spain, Sociedad Española de Ciencias Forstales. 12-12.
- [20] CASTRO, J., ALLEN, C. D., MOLINA-MORALES, M., MARANON-JIMENEZ, S., SANCHEZ-MIRANDA, A. & ZAMORA, R. 2011. Salvage Logging Versus the Use of Burnt Wood as a Nurse Object to Promote Post-Fire Tree Seedling Establishment. *Restoration Ecology* 19: 537-544.
- [21] CASTRO, J., MORENO-RUEDA, G. & HÓDAR, J. A. 2010. Experimental test of postfire management in pine forests: impact of salvage logging versus partial cutting and nonintervention on bird-species assemblages. *Conservation Biology* 24: 810-819.
- [22] CASTRO, J., PUERTA-PIÑERO, C., LEVERKUS, A., MORENO-RUEDA, G. & SÁNCHEZ-MIRANDA, A. 2012. Post-fire salvage logging alters a key plant-animal interaction for forest regeneration. *Ecosphere* 3: article 90.
- [23] CATRY, F. X., MOREIRA, F., CARDILLO, E. & PAUSAS, J. G. 2012. *Post-fire management of cork oak forests*. A *Post-fire management and restoration of southern European forests, Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 9, Springer. 195-222.
- [24] CELLIER, A., GAUQUELIN, T., BALDY, V. & BALLINI, C. 2013. Effect of organic amendment on soil fertility and plant nutrients in a post-fire Mediterranean ecosystem. *Plant and Soil* 376: 211-228.
- [25] CENTRE DE RECERCA ECOLÒGICA I APLICACIONS FORESTALS. 2000-2004. *Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC)*. A *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya* (en línia). Consultat el 28 IV 2016. Disponible a: <http://www.creaf.uab.cat/iefc/index.htm>.

- [26] CERASINO, L. & LA PORTA, N. 2014. Allocation of five macroelements and quality of fuels derived from Norway spruce wood obtained by thinning operations. *Biomass and Bioenergy* 70: 553-556.
- [27] CLIPP, H. L. & ANDERSON, J. T. 2014. Environmental and Anthropogenic Factors Influencing Salamanders in Riparian Forests: A Review. *Forests* 5: 2679-2702.
- [28] COBB, T. P., HANNAM, K. D., KISHCHUK, B. E., LANGOR, D. W., QUIDEAU, S. A. & SPENCE, J. R. 2010. Wood-feeding beetles and soil nutrient cycling in burned forests: implications of post-fire salvage logging. *Agricultural and Forest Entomology* 12: 9-18.
- [29] COBB, T. P., MORISSETTE, J. L., JACOBS, J. M., KOIVULA, M. J., SPENCE, J. R. & LANGOR, D. W. 2011. Effects of Postfire Salvage Logging on Deadwood-Associated Beetles. *Conservation Biology* 25: 94-104.
- [30] CONSELLERIA D'AGRICULTURA, M. A. C. C. i. D. R. d. l. G. V. (2015).
- [31] CÔTÉ, M. 2003. *Dictionnaire de la foresterie - Dictionary of Forestry - Diccionario de forestería*. Especial XXII Congreso forestal mundial ed., Distribution de livres Univers. 744.
- [32] DAVIDSON, S. L. & EATON, B. C. 2015. Simulating riparian disturbance: Reach scale impacts on aquatic habitat in gravel bed streams. *Water Resources Research* 51: 7590-7607.
- [33] DE LAS HERAS, J., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J., HERRANZ, J. M. & DEL POZO, E. 1993. *Erosión en un suelo forestal quemado: la protección de la cubierta vegetal*. A I Congreso forestal español, 14-18 VI 1993, Lourizán, Sociedad Española de Ciencias Forestales. 45-49.
- [34] DE LAS HERAS, J., MOYA, D., VEGA, J. A., DASKALAKOU, E., VALLEJO, R., GRIGORIADIS, N., TSITSONI, T., BAEZA, J., VALDECANTOS, A., FERNÁNDEZ, C., ESPELTA, J. M. & FERNANDES, P. 2012. *Post-fire management of serotinous pine forests*. A *Post-fire management and restoration of southern European forests, Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 6, Springer. 121-150.
- [35] DOBLAS, E. 2013. *Conservar Aprovechando - Cómo integrar el cambio global en la gestión de los montes españoles*. 1ª ed., CREA. 140.
- [36] DONATO, D. C., FONTAINE, J. B., CAMPBELL, J. L., ROBINSON, W. D., KAUFFMAN, J. B. & LAW, B. E. 2006. Post-wildfire logging hinders regeneration and increases fire risk. *Science* 311: 352.

- [37] DUNN, C. J. & BAILEY, J. D. 2015. Modeling the direct effects of salvage logging on long-term temporal fuel dynamics in dry-mixed conifer forests. *Forest Ecology and Management* 341: 93-109.
- [38] DWIRE, K. A. & KAUFFMAN, J. B. 2003. Fire and riparian ecosystems in landscapes of the western USA. *Forest Ecology and Management* 178: 61-74.
- [39] ESPELTA, J. M., BARBATI, A., QUEVEDO, L., TÁRREGA, R., NAVASCUÉS, P., BONFIL, C., PEGUERO, G., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M. & RODRIGO, A. 2012. *Post-fire management of Mediterranean broadleaved forests. A Post-fire management and restoration of southern European forests, Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Ariannoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 8, Springer. 171-194.
- [40] ESPELTA, J. M., GRÀCIA, M., HORAS, R. M., ORDÓÑEZ, J. L., RETANA, J., VAYREDA, J., BROTONS, L., CAMPRODON, J., COLINAS, C., OLIACH, D., OLIVA, J., RODRÍGUEZ, J., TAÜLL, M., VERICAT, P., REAL, J., ROLLAN, À., CARRERAS, J., FERRÉ, A., LLISTOSSELLA, J., LLORENÇ, L., CARRERA, D., CASTELL, C., RIEREA, J. & ROVIRA, J. 2009. *Els alzinars*. 1^a ed., *Manuals de gestió d'hàbitats*, Diputació de Barcelona. 181.
- [41] ESPELTA, J. M., RETANA, J. & HABROUK, A. 2004. *Gestió dels boscos menuts d'alzina i roure després d'incendis. A Incendis forestals, dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc*, Solsona, Xarxa ALINFO. 124-127.
- [42] FAISON, E. K., DE STEFANO, S., FOSTER, D. R. & PLOTKIN, A. B. 2016. Functional response of ungulate browsers in disturbed eastern hemlock forests. *Forest Ecology and Management* 362: 177-183.
- [43] FERNÁNDEZ, C. & VEGA, J. A. 2016. Are erosion barriers and straw mulching effective for controlling soil erosion after a high severity wildfire in NW Spain? *Ecological Engineering* 87: 132-138.
- [44] FERNÁNDEZ, C. & VEGA, J. A. 2016. Effects of mulching and post-fire salvage logging on soil erosion and vegetative regrowth in NW Spain. *Forest Ecology and Management* 375: 46-54.
- [45] FERNÁNDEZ, C., VEGA, J. A., FONTURBEL, T., JIMÉNEZ, E. & PÉREZ-GOROSTIAGA, P. 2008. Effects of wildfire, salvage logging and slash manipulation on *Pinus pinaster* Ait. recruitment in Orense (NW Spain). *Forest Ecology and Management* 255: 1294-1304.
- [46] FERREIRA, A. J. D., ALEGRE, S. P., COELHO, C. O. A., SHAKESBY, R. A., PÁSCOA, F. M., FERREIRA, C. S. S., KEIZER, J. J. & RITSEMA, C. 2015. Strategies to prevent forest fires and techniques to reverse degradation processes in burned areas. *CATENA* 128: 224-237.

- [47] FONTAINE, J. B., DONATO, D. C., CAMPBELL, J. L., MARTIN, J. G. & LAW, B. E. 2010. Effects of post-fire logging on forest surface air temperatures in the Siskiyou Mountains, Oregon, USA. *Forestry* 83: 477-482.
- [48] FOX, D., BEROLO, W., CARREGA, P. & DARBOUX, F. 2006. Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France. *Earth Surface Processes and Landforms* 31: 606-621.
- [49] FOX, D. M. 2011. Evaluation of the efficiency of some sediment trapping methods after a Mediterranean forest fire. *Journal of Environmental Management* 92: 258-265.
- [50] FRANCOS, M., BREVIK, E. C., UBEDA, X. & BOGUNOVIC, I. 2018. Post-fire soil management. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 5: 26-32.
- [51] FRANCOS, M., PEREIRA, P., ALCAÑIZ, M. & ÚBEDA, X. 2018. Post-wildfire management effects on short-term evolution of soil properties (Catalonia, Spain, SW-Europe). *Science of The Total Environment* 633: 285-292.
- [52] FRANCOS, M., ÚBEDA, X., PEREIRA, P. & ALCAÑIZ, M. 2018. Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula). *Science of The Total Environment* 615: 664-671.
- [53] GARCÍA-ORENES, F., ARCENEGUI, V., CHRENKOVÁ, K., MATAIX-SOLERA, J., MOLTÓ, J., JARA-NAVARRO, A. B. & TORRES, M. P. 2017. Effects of salvage logging on soil properties and vegetation recovery in a fire-affected Mediterranean forest: A two year monitoring research. *Science of The Total Environment* 586: 1057-1065.
- [54] GILLETTE, N. E., VETTER, R. S., MORI, S. R., RUDOLPH, C. R. & WELTY, D. R. 2008. Response of ground-dwelling spider assemblages to prescribed fire following stand structure manipulation in the southern Cascade Range. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 38: 969-980.
- [55] GIMENO, T., BALDÉ, C., KRIBECHE, H. & BAUTISTA, S. 1995. *Tratamientos de rehabilitación post-incendio en áreas sensibles a la degradación del suelo*. A II Congreso forestal español, 23-27 VI 1997, Pamplona, Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- [56] GINZBURG, O. & STEINBERGER, Y. 2012. Salvage logging versus natural regeneration post-fire practices in a forest: Soil chemical and microbial aspects. *Open Journal of Ecology* 2: 29-37.

- [57] GRÀCIA, M., MEGHELLI, N., HORAS, R. M., ORDÓÑEZ, J. L., RETANA, J., SOLÀ-MORALES, F., VAYREDA, J., CAMPRODON, J., MARQUES, A., RODRÍGUEZ, J., VERICAT, P., BROTONS, L., PEDROCCHI, V., REAL, J., CARRERAS, J., FERRÉ, A., LLISTOSELLA, J., LLORENS, L., HERAS, J., ROJO, M., CARRERA, D. & CASTELL, C. 2013. *Les pinedes de pi pinyer*. 1^o ed., *Manuals de gestió d'hàbitats*, Diputació de Barcelona. 167.
- [58] GREENBERG, C. H. 2002. Response of white-footed mice (*Peromyscus leucopus*) to coarse woody debris and microsite use in southern Appalachian treefall gaps. *Forest Ecology and Management* 164: 57-66.
- [59] GREENBERG, C. H. & McGRANE, A. 1996. A comparison of relative abundance and biomass of ground-dwelling arthropods under different forest management practices. *Forest Ecology and Management* 89: 31-41.
- [60] GROVE, S. J. 2002. Saprophytic Insect Ecology and the Sustainable Management of Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33: 1-23.
- [61] GUTIÉRREZ, C., GARCÍA, E., BASORA, X., MARCH, À., MINGUELL, J., COMAS, E. & SABATÉ, X. 2008. *La gestió i recuperació de la vegetació de ribera - Guia tècnica per a actuacions en riberes*. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. 176.
- [62] HAIM, A. 1993. *Resilience to fire of rodents in an East-Mediterranean pine forest on Mount Carmel, Israel: the effects of different managements*. A *International workshop on the role of fire in Mediterranean ecosystems*, 21-25 IX 1992, Banyuls-sur-Mer, Commission of the European Communities, Dissemination of Scientific and Technical Knowledge Unit. 293-301.
- [63] HUTTO, R. L. 2006. Toward meaningful snag-management guidelines for postfire salvage logging in North American conifer forests. *Conservation Biology* 20: 984-993.
- [64] IZHAKI, I. 1993. *The resilience to fire of passerine birds in an East-Mediterranean pine forest on Mount Carmel, Israel: the effects of different managements*. A *International workshop on the role of fire in Mediterranean ecosystems*, 21-25 IX 1992, Banyuls-sur-Mer, Commission of the European Communities, Dissemination of Scientific and Technical Knowledge Unit. 303-314.
- [65] IZHAKI, I. 2012. The Impact of Fire on Vertebrates in the Mediterranean Basin: An Overview. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58: 221-233.
- [66] KARR, J. R., RHODES, J. J., MINSHALL, G. W., HAUER, F. R., BESCHTA, R. L., FRISSELL, C. A. & PERRY, D. A. 2004. The Effects of Postfire Salvage Logging on Aquatic Ecosystems in the American West. *BioScience* 54: 1029-1033.

- [67] KEIZER, J. J., SILVA, F. C., VIEIRA, D. C. S., GONZÁLEZ-PELAYO, O., CAMPOS, I., VIEIRA, A. M. D., VALENTE, S. & PRATS, S. A. 2018. The effectiveness of two contrasting mulch application rates to reduce post-fire erosion in a Portuguese eucalypt plantation. *CATENA* 169: 21-30.
- [68] KEYSER, T. L., SMITH, F. W. & SHEPPERD, W. D. 2009. Short-term impact of post-fire salvage logging on regeneration, hazardous fuel accumulation, and understory development in ponderosa pine forests of the Black Hills, SD, USA. *International Journal of Wildland Fire* 18: 451-458.
- [69] KOIVULA, M. & SPENCE, J. R. 2006. Effects of post-fire salvage logging on boreal mixed-wood ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae). *Forest Ecology and Management* 236: 102-112.
- [70] KRONLAND, W. J. & RESTANI, M. 2011. Effects of Post-Fire Salvage Logging on Cavity-Nesting Birds and Small Mammals in Southeastern Montana. *Canadian Field-Naturalist* 125: 316-326.
- [71] KULAKOWSKI, D. & VELEN, T. T. 2007. Effect of prior disturbances on the extent and severity of wildfire in Colorado subalpine forests. *Ecology* 88: 759-769.
- [72] KUTIEL, P. & INBAR, M. 1993. Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a Mediterranean pine forest plantation. *CATENA* 20: 129-139.
- [73] LARCHEVÊQUE, M., BALLINI, C., KORBOULEWSKY, N. & MONTÈS, N. 2006. The use of compost in afforestation of Mediterranean areas: Effects on soil properties and young tree seedlings. *Science of The Total Environment* 369: 220-230.
- [74] LARCHEVÊQUE, M., MONTÈS, N., BALDY, V. & BALLINI, C. 2008. Can compost improve *Quercus pubescens* Willd establishment in a Mediterranean post-fire shrubland? *Bioresource Technology* 99: 3754-3764.
- [75] LARCHEVÊQUE, M., MONTÈS, N., BALDY, V. & DUPOUYET, S. 2005. Vegetation dynamics after compost amendment in a Mediterranean post-fire ecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 110: 241-248.
- [76] LARRIVÉE, M., DRAPEAU, P. & FAHRIG, L. 2008. Edge effects created by wildfire and clear-cutting on boreal forest ground-dwelling spiders. *Forest Ecology and Management* 255: 1434-1445.
- [77] LEVERKUS, A., CASTRO, J., PUERTA-PIÑERO, C. & REY BENAYAS, J. M. 2013. Suitability of the management of habitat complexity, acorn burial depth, and a chemical repellent for post-fire reforestation of oaks. *Ecological Engineering* 53: 15- 22.

- [78] LEVERKUS, A. B., LORITE, J., NAVARRO, F. B., SANCHEZ-CANETE, E. P. & CASTRO, J. 2014. Post-fire salvage logging alters species composition and reduces cover, richness, and diversity in Mediterranean plant communities. *Journal of Environmental Management* 133: 323-331.
- [79] LEVERKUS, A. B., PUERTA-PINERO, C., GUZMAN-ALVAREZ, J. R., NAVARRO, J. & CASTRO, J. 2012. Post-fire salvage logging increases restoration costs in a Mediterranean mountain ecosystem. *New For.* 43: 601-613.
- [80] LEVERKUS, A. B., REY BENAYAS, J. M. & CASTRO, J. 2016. Shifting demographic conflicts across recruitment cohorts in a dynamic post-disturbance landscape. *Ecology* 97: 2628-2639.
- [81] LINDENMAYER, D. B., BURTON, P. J. & FRANKLIN, J. F. 2008. *Salvage Logging and Its Ecological Consequences*. 1st ed., Island Press. 246.
- [82] LINDENMAYER, D. B. & NOSS, R. F. 2006. Salvage logging, ecosystem processes, and biodiversity conservation. *Conservation Biology* 20: 949-958.
- [83] LOMBARDI, F., LASSERRE, B., TOGNETTI, R. & MARCHETTI, M. 2008. Deadwood in Relation to Stand Management and Forest Type in Central Apennines (Molise, Italy). *Ecosystems* 11: 882-894.
- [84] LLIMONA, F., MATHEU, E. & PRODON, R. 1993. *Role of snag persistence and of tree regeneration in postfire bird successions: comparison of pine and oak forests in Montserrat (Catalonia, NE Spain)*. *A Fire in Mediterranean Ecosystems, Ecosystems Research Report*, (eds. L. Trabaud & R. Prodon) Capítol 2, Commission of European Communities. 315-331.
- [85] MALMSTROM, A. 2010. The importance of measuring fire severity-Evidence from microarthropod studies. *Forest Ecology and Management* 260: 62-70.
- [86] MALVAR, M. C., SILVA, F. C., PRATS, S. A., VIEIRA, D. C. S., COELHO, C. O. A. & KEIZER, J. J. 2017. Short-term effects of post-fire salvage logging on runoff and soil erosion. *Forest Ecology and Management* 400: 555-567.
- [87] MARANON-JIMENEZ, S. & CASTRO, J. 2013. Effect of decomposing post-fire coarse woody debris on soil fertility and nutrient availability in a Mediterranean ecosystem. *Biogeochemistry* 112: 519-535.
- [88] MARANON-JIMENEZ, S., CASTRO, J., FERNANDEZ-ONDONO, E. & ZAMORA, R. 2013. Charred wood remaining after a wildfire as a reservoir of macro- and micronutrients in a Mediterranean pine forest. *International Journal of Wildland Fire* 22: 681-695.

- [89] MARANON-JIMENEZ, S., CASTRO, J., KOWALSKI, A. S., SERRANO-ORTIZ, P., REVERTER, B. R., SANCHEZ-CANETE, E. P. & ZAMORA, R. 2011. Post-fire soil respiration in relation to burnt wood management in a Mediterranean mountain ecosystem. *Forest Ecology and Management* 261: 1436-1447.
- [90] MARANON-JIMENEZ, S., CASTRO, J., QUEREJETA, J. I., FERNANDEZ-ONDONO, E. & ALLEN, C. D. 2013. Post-fire wood management alters water stress, growth, and performance of pine regeneration in a Mediterranean ecosystem. *Forest Ecology and Management* 308: 231-239.
- [91] MARQUÈS, M. A. & MORA, E. 1992. Selected papers of the 2. ICG Symposium on "Mediterranean Erosion" The influence of aspect on runoff and soil loss in a Mediterranean burnt forest (Spain). *CATENA* 19: 333-344.
- [92] MÁRQUEZ-FERRANDO, R., PLEGUEZUELOS, J. M., SANTOS, X., ONTIVEROS, D. & FERNÁNDEZ-CARDENETE, J. R. 2009. Recovering the Reptile Community after the Mine-Tailing Accident of Aznalcóllar (Southwestern Spain). *Restoration Ecology* 17: 660-667.
- [93] MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J., CORCOLES, D., ALFARO, H., LÓPEZ, R., GÓMEZ, E. & DE LAS HERAS, J. 1997. *Estudio del banco de semillas aéreo (piñas serótinas) de Pinus halepensis Miller. Influencia de la temperatura sobre la apertura de piñas serótinas. A II Congreso Forestal Español, 23-27 VI 1997, Pamplona, Sociedad Española de Ciencias Forestales. 259-263.*
- [94] MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J., FERRANDIS, P., DE LAS HERAS, J. & HERRANZ, J. M. 1999. Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). *Forest Ecology and Management* 123: 1-10.
- [95] MATEOS, E., SANTOS, X. & PUJADE-VILLAR, J. 2011. Taxonomic and Functional Responses to Fire and Post-Fire Management of a Mediterranean Hymenoptera Community. *Environmental Management* 48: 1000-1012.
- [96] MOLINAS-GONZÁLEZ, C. R., LEVERKUS, A. B., MARRAÑÓN-JIMÉNEZ, S. & CASTRO, J. 2017. Fall rate of burnt pines across an elevational gradient in a Mediterranean mountain. *European Journal of Forest Research* 136: 401-409.
- [97] MOLINAS-GONZÁLEZ, R. C., CASTRO, J. & LEVERKUS, B. A. 2017. Deadwood Decay in a Burnt Mediterranean Pine Reforestation. *Forests* 8: 158-158.
- [98] MOREIRA, F., ARIANOUTSOU, M., VALLEJO, R., DE LAS HERAS, J., CORONA, P., XANTHOPOULOS, G., FERNANDES, P. & PAPAGEORGIOU, K. 2012. *Setting the scene for post-fire management. A Post-fire management and restoration of southern European forests, Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 1, Springer. 1-19.

- [99] MOYA, D., DE LAS HERAS, F. R., LÓPEZ-SERRANO, S. & ALBERDI, I. 2009. Structural patterns and biodiversity in burned and managed Aleppo pine stands. *Plant Ecol.* 200: 217–228.
- [100] NAPPI, A., DÉRY, S., BUJOLD, F., CHABOT, M., DUMONT, M.-C., DUVAL, J., DRAPEAU, P., GAUTHIER, S., BRAIS, S., PELETIER, J. & BERGERON, I. 2011. *La récolte dans les forêts brûlées — Enjeux et orientations pour un aménagement écosystémique*. Direction de l'environnement et de la protection des forêts. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Gouvernement du Québec. 51.
- [101] NE'EMAN, G., LAHAV, H. & IZHAKI, I. 1995. Recovery of vegetation in a natural east Mediterranean pine forest on Mount Carmel, Israel as affected by management strategies. *Forest Ecology and Management* 75: 17-26.
- [102] NE'EMAN, G., PEREVOLOTSKY, A. & SCHILLER, G. 1997. The Management Implications of the Mt. Carmel Research Project. *International Journal of Wildland Fire* 7: 343-350.
- [103] NEUMANN, F. G. 1991. Responses of litter arthropods to major natural or artificial ecological disturbances in mountain ash forest. *Australian Journal of Ecology* 16: 19-32.
- [104] NIMMO, D. G., KELLY, L. T., FARNSWORTH, L. M., WATSON, S. J. & BENNETT, A. F. 2014. Why do some species have geographically varying responses to fire history? *Ecography* 37: 805-813.
- [105] NITSCHKE, C. R. 2005. Does forest harvesting emulate fire disturbance? A comparison of effects on selected attributes in coniferous-dominated headwater systems. *Forest Ecology and Management* 214: 305-319.
- [106] NIWA, C. G., PECK, R. W. & TORGERSEN, T. R. 2001. Soil, litter, and coarse woody debris habitats for arthropods in eastern Oregon and Washington. *Northwest Science* 75: 141-148.
- [107] NOVARA, A., GRISTINA, L., BODI, M. B. & CERDÀ, A. 2011. The impact of fire on redistribution of soil organic matter on a mediterranean hillslope under maquia vegetation type. *Land Degradation & Development* 22: 530-536.
- [108] OLLERO, A. 2014. *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones - Manual para gestores*. 1ª ed., Universidad de Zaragoza. Fundación Ecología y Desarrollo. Secretaría Técnica del Contrato del río Matarraña. 143.
- [109] PASSOVOY, A. D. & FULE, P. Z. 2006. Snag and woody debris dynamics following severe wildfires in northern Arizona ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management* 223: 237-246.
- [110] PAUSAS, J. G. 2004. *La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo*. A *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo*, (eds. R. Vallejo & J. A. Alloza) Capítol 2, Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. 47-64.

- [III] PAUSAS, J. G., CARBÓ, E., NEUS CATURLA, R., GIL, J. M. & VALLEJO, R. 1999. Post-fire regeneration patterns in the eastern Iberian Peninsula. *Acta Oecologica* 20: 499-508.
- [II2] PAUSAS, J. G., OUADAH, N., FERRAN, A., GIMENO, T. & VALLEJO, R. 2003. Fire severity and seedling establishment in *Pinus halepensis* woodlands, eastern Iberian Peninsula. *Plant Ecology* 169: 205-213.
- [II3] PAUSAS, J. G., RIBEIRO, E. & VALLEJO, R. 2004. Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management* 203: 251-259.
- [II4] PEREIRA, P. & BODÍ, M. B. 2013. *Las cenizas y su impacto en el suelo*. Ficha técnica FGR2013/02, Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos (FUEGORED). 4.
- [II5] PETERSON, D. W., DODSON, E. K. & HARROD, R. J. 2015. Post-fire logging reduces surface woody fuels up to four decades following wildfire. *Forest Ecology and Management* 338: 84-91.
- [II6] PINZON, J., SPENCE, J. R. & LANGOR, D. W. 2012. Responses of ground-dwelling spiders (Araneae) to variable retention harvesting practices in the boreal forest. *Forest Ecology and Management* 266: 42-53.
- [II7] PINZON, J., SPENCE, J. R. & LANGOR, D. W. 2013. Effects of prescribed burning and harvesting on ground-dwelling spiders in the Canadian boreal mixedwood forest. *Biodiversity and Conservation* 22: 1513-1536.
- [II8] PIQUÉ, M., BELTRÁN, M., VERICAT, P., CALAMA, R. & CERVERA, T. 2015. *Models de gestió per a les pinedes de pi pinyer (Pinus pinea L.): producció de fusta i pinya i prevenció d'incendis forestals*. 1ª ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 133.
- [II9] PIQUÉ, M., BELTRÁN, M., VERICAT, P., CERVERA, T., FARRIOL, R. & BAIGES, T. 2011. *Models de gestió per als boscos de pi roig (Pinus sylvestris L.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. 1ª ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 178.
- [I20] PONS, P. 2015. Delayed effects of fire and logging on cicada nymph abundance. *Journal of Insect Conservation* 19: 601-606.
- [I21] QUEVEDO, L., RODRIGO, A. & ESPELTA, J. M. 14-14 (CREAF, Diputació de Barcelona, Cerdanyola, Spain, 2014).

- [I22] REEVES, G. H., BISSON, P. A., RIEMAN, B. E. & BENDA, L. E. 2006. Postfire Logging in Riparian Areas. *Conservation Biology* 20: 994-1004.
- [I23] RETANA, J., ARNAN, X., ARIANOUTSOU, M., BARBATI, A., KAZANIS, D. & RODRIGO, A. 2012. Post-fire management of non-serotinous pine forests. A Post-fire management and restoration of southern European forests, *Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 7, Springer. 151-170.
- [I24] REY-BENAYAS, J. M., GALVÁN, I. & CARRASCAL, L. M. 2010. Differential effects of vegetation restoration in Mediterranean abandoned cropland by secondary succession and pine plantations on bird assemblages. *Forest Ecology and Management* 260: 87-95.
- [I25] REY-BENAYAS, J. M., SCHEINER, S. M., GARCÍA SANCHEZ-COLOMER, M. & LEVASSOR, C. 1999. Commonness and rarity: theory and application of a new model to mediterranean montane grasslands. *Conserv. Biol.* 3 (online): 5.
- [I26] RIFFELL, S., VERSCHUYL, J., MILLER, D. & WIGLEY, T. B. 2011. Biofuel harvests, coarse woody debris, and biodiversity – A meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 261: 878-887.
- [I27] RITCHIE, M. W., KNAPP, E. E. & SKINNER, C. N. 2013. Snag longevity and surface fuel accumulation following post-fire logging in a ponderosa pine dominated forest. *Forest Ecology and Management* 287: 113-122.
- [I28] RODRÍGUEZ, J., JUANATI, C., PIQUÉ, M. & TOLOSANA, E. 2005. *Tècniques de desembosc en l'aprofitament forestal*. 1ª ed., *Sistemes i tècniques de desembosc*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 209.
- [I29] ROLLAN, À., HERNÁNDEZ-MATÍAS, A. & REAL, J. 2016. *Guidelines for the conservation of Bonelli's eagle populations*. 1ª ed., Universitat de Barcelona. 87.
- [I30] ROLLAN, À. & REAL, J. 2010. Effect of wildfires and post-fire forest treatments on rabbit abundance. *European Journal of Wildlife Research* 57: 201-209.
- [I31] ROMAN-CUESTA, R. M., GRACIA, M. & RETANA, J. 2009. Factors influencing the formation of unburned forest islands within the perimeter of a large forest fire. *Forest Ecology and Management* 258: 71-80.
- [I32] ROST, J., BAS, J. M. & PONS, P. 2012. The importance of piling wood debris on the distribution of bird-dispersed plants in burned and logged Mediterranean pine forests. *International Journal of Wildland Fire* 21: 79-85.
- [I33] ROST, J., CLAVERO, M., BAS, J. M. & PONS, P. 2010. Building wood debris piles benefits avian seed dispersers in burned and logged Mediterranean pine forests. *Forest Ecology and Management* 260: 79-86.

- [I34] ROST, J., CLAVERO, M., BROTONS, L. & PONS, P. 2012. The effect of postfire salvage logging on bird communities in Mediterranean pine forests: the benefits for declining species. *J. Appl. Ecol.* 49: 644-651.
- [I35] ROST, J., HUTTO, R. L., BROTONS, L. & PONS, P. 2013. Comparing the effect of salvage logging on birds in the Mediterranean Basin and the Rocky Mountains: common patterns, different conservation implications. *Biological Conservation* 158: 7-13.
- [I36] ROST, J., PONS, P. & BAS, J. M. 2009. Can salvage logging affect seed dispersal by birds into burned forests? *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 35: 763-768.
- [I37] RULLI, M. C., BOZZI, S., SPADA, M., BOCCHIOLA, D. & ROSSO, R. 2006. Rainfall simulations on a fire disturbed mediterranean area. *Journal of Hydrology* 327: 323-338.
- [I38] SANTOLAMAZZA-CARBONE, S., PESTAÑA, M. & VEGA, J. A. 2011. Post-fire attractiveness of maritime pines (*Pinus pinaster* Ait.) to xylophagous insects. *Journal of Pest Science* 84: 343-353.
- [I39] SANTOS, X., BROS, V. & MIÑO, À. 2009. Recolonization of a burned Mediterranean area by terrestrial gastropods. *Biodiversity and Conservation* 18: 3153-3165.
- [I40] SANTOS, X., MATEOS, E., BROS, V., BROTONS, L., DE MAS, E., HERRAIZ, J. A., HERRANDO, S., MIÑO, À., OLMO-VIDAL, J. M., QUESADA, J., RIBES, J., SABATÉ, S., SAURAS-YERA, T., SERRA, A., VALLEJO, V. R. & VIÑOLAS, A. 2014. Is Response to Fire Influenced by Dietary Specialization and Mobility? A Comparative Study with Multiple Animal Assemblages. *PLoS ONE* 9: e88224.
- [I41] SANTOS, X. & POQUET, J. M. 2010. Ecological succession and habitat attributes affect the postfire response of a Mediterranean reptile community. *European Journal of Wildlife Research* 56: 895-905.
- [I42] SARÀ, M., BELLIA, E. & MILAZZO, A. 2006. Fire disturbance disrupts co-occurrence patterns of terrestrial vertebrates in Mediterranean woodlands. *Journal of Biogeography* 33: 843-852.
- [I43] SERRANO-ORTIZ, P., MARANON-JIMENEZ, S., REVERTER, B. R., SANCHEZ-CANETE, E. P., CASTRO, J., ZAMORA, R. & KOWALSKI, A. S. 2011. Post-fire salvage logging reduces carbon sequestration in Mediterranean coniferous forest. *Forest Ecology and Management* 262: 2287-2296.
- [I44] SHAKESBY, R. A. 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews* 105: 71-100.

- [I45]
SHAKESBY, R. A., BOAKES, D. J., COELHO, C. D. O. A., GONÇALVES, A. J. B. & WALSH, R. P. D. 1996. Limiting the soil degradational impacts of wildfire in pine and eucalyptus forests in Portugal: A comparison of alternative post-fire management practices. *Applied Geography* 16: 337-355.
- [I46]
SHAKESBY, R. A. & DOERR, S. H. 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth-Science Reviews* 74: 269-307.
- [I47]
SIITONEN, J. 2001. Forest Management, Coarse Woody Debris and Saprophytic Organisms: Fennoscandian Boreal Forests as an Example. *Ecological Bulletins*: 11-41.
- [I48]
SPEAR, S. F., CRISAFULLI, C. M. & STORFER, A. 2012. Genetic structure among coastal tailed frog populations at Mount St. Helens is moderated by post-disturbance management. *Ecological Applications* 22: 856-869.
- [I49]
STEPHENS, S. L. & MOGHADDAS, J. J. 2005. Silvicultural and reserve impacts on potential fire behavior and forest conservation: Twenty-five years of experience from Sierra Nevada mixed conifer forests. *Biological Conservation* 125: 369-379.
- [I50]
SULLIVAN, T. P., SULLIVAN, D. S., LINDGREN, P. M. F. & RANSOME, D. B. 2012. If we build habitat, will they come? Woody debris structures and conservation of forest mammals. *Journal of Mammalogy* 93: 1456-1468.
- [I51]
TABOADA, A., FERNÁNDEZ-GARCÍA, V., MARCOS, E. & CALVO, L. 2018. Interactions between large high-severity fires and salvage logging on a short return interval reduce the regrowth of fire-prone serotinous forests. *Forest Ecology and Management* 414: 54-63.
- [I52]
TABOADA, A., TÁRREGA, R., MARCOS, E., VALBUENA, L., SUÁREZ-SEOANE, S. & CALVO, L. 2017. Fire recurrence and emergency post-fire management influence seedling recruitment and growth by altering plant interactions in fire-prone ecosystems. *Forest Ecology and Management* 402: 63-75.
- [I53]
TAÜLL, M. & BAIGES, T. 2010. El pasturatge amb bestiar boví de zones de bosc: planificació de l'aprofitament ramader, gestió de l'arbrat i del matoll. *Catalunya forestal* 103: 5-10.
- [I54]
THOMAS, A. D., WALSH, R. P. D. & SHAKESBY, R. A. 1999. Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal. *CATENA* 36: 283-302.
- [I55]
THOMAS, A. D., WALSH, R. P. D. & SHAKESBY, R. A. 2000. Post-fire forestry management and nutrient losses in eucalyptus and pine plantations, Northern Portugal. *Land Degradation & Development* 11: 257-271.

[156]

THOMPSON, J. R., SPIES, T. A. & GANIO, L. M. 2007. Reburn severity in managed and unmanaged vegetation in a large wildfire. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 10743-10748.

[157]

TOLHURST, K. G., ANDERSON, W. R. & GOULD, J. 2006. Woody fuel consumption experiments in an undisturbed forest. *Forest Ecology and Management* 234, Supplement: S109.

[158]

VALLEJO, R., ARIANOUTSOU, M. & MOREIRA, F. 2012. *Fire ecology and post-fire restoration approaches in southern European forest types*. A *Post-fire management and restoration of southern European forests, Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 5, Springer. 93-119.

[159]

VEGA, J. A. 2016. Prioridades de restauración de áreas forestales quemadas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 42: 155-180.

[160]

VEGA, J. A., FERNÁNDEZ, C., PÉREZ-GOROSTIAGA, P. & FONTURBEL, T. 2008. The influence of fire severity, serotiny, and post-fire management on *Pinus pinaster* Ait. recruitment in three burnt areas in Galicia (NW Spain). *Forest Ecology and Management* 256: 1596-1603.

[161]

VEGA, J. A., FONTÚRBEL, T., FERNÁNDEZ, C., DÍAZ-RAVIÑA, M., CARBALLAS, M. T., MARTÍN, A., GONZÁLEZ-PRIETO, S., MERINO, A. & BENITO, E. 2013. *Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas - Guía para su planificación en Galicia*. Xunta de Galicia & Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 139.

[162]

VERICAT, P., BELTRÁN, M., PIQUÉ, M. & CERVERA, T. 2013. *Models de gestió per als boscos de surera (Quercus suber L.) - Producció de suro i prevenció d'incendis forestals*. 1ª ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 169.

[163]

VERICAT, P., PIQUÉ, M., BELTRÁN, M. & CERVERA, T. 2011. *Models de gestió per als boscos d'alzina (Quercus ilex subsp. ilex) i carrasca (Quercus ilex subsp. ballota): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. 1ª ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 164.

[I64]

VERICAT, P., PIQUÉ, M., BELTRÁN, M. & CERVERA, T. 2012. *Models de gestió per als boscos de roure de fulla petita (Quercus faginea) i roure martinenc (Quercus humilis): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. 1ª ed., *Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*, Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 183.

[I65]

VERKAIK, I., RIERADEVALL, M., COOPER, S. D., MELACK, J. M., DUDLEY, T. L. & PRAT, N. 2013. Fire as a disturbance in mediterranean climate streams. *Hydrobiologia* 719: 353-382.

[I66]

VIEIRA, D. C. S., MALVAR, M. C., FERNÁNDEZ, C., SERPA, D. & KEIZER, J. J. 2016. Annual runoff and erosion in a recently burn Mediterranean forest – The effects of plowing and time-since-fire. *Geomorphology* 270: 172-183.

[I67]

VLASOVA, L. & PÉREZ-CABELLO, F. 2016. Effects of post-fire wood management strategies on vegetation recovery and land surface temperature (LST) estimated from Landsat images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 44: 171-183.

[I68]

WAGENBRENNER, J. W., ROBICHAUD, P. R. & BROWN, R. E. 2016. Rill erosion in burned and salvage logged western montane forests: Effects of logging equipment type, traffic level, and slash treatment. *Journal of Hydrology* 541: 889-901.

[I69]

WONDZELL, S. M. 2001. The influence of forest health and protection treatments on erosion and stream sedimentation in forested watersheds of eastern Oregon and Washington. *Northwest Science* 75: 128-140.

[I70]

XANTHOPOULOS, G., CALFAPIETRA, C. & FERNANDES, P. 2012. *Fire Hazard and Flammability of European Forest Types. A Post-fire management and restoration of southern European forests, Managing forest ecosystems*, (eds. F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. de las Heras) Capítol 4, Springer. 79-92.

[I71]

ZAITSEV, A. S., GONGALSKY, K. B., PERSSON, T. & BENGTTSSON, J. 2014. Connectivity of litter islands remaining after a fire and unburnt forest determines the recovery of soil fauna. *Applied Soil Ecology* 83: 101-108.

[I72]

ZAMORA, R., GÓMEZ, J. M., HÓDAR, J. A., CASTRO, J. & GARCÍA, D. 2001. Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration. *Forest Ecology and Management* 144: 33-42.

