



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-382

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Seguimiento de la regeneración natural de pino resinero (*Pinus pinaster*) en el área incendiada de Ojén-Coín (provincia de Málaga)

GUZMÁN ÁLVAREZ, J.R.¹, GONZÁLEZ SECO, J.¹, TOLEDO ZAPATA, G.², JIMÉNEZ MALDONADO, R.², ARTACHO LUQUE, S.², LÓPEZ MARTÍNEZ, A.M.², MANJARÍN CALVO, Á.², MUÑOZ GONZÁLEZ, F.², ROMÁN GONZÁLEZ, J.², ORTIZ TERUEL, V.², LÓPEZ QUINTANILLA, J.B.², VÁZQUEZ MORA, A.², CATALINA MIMENDI, M. Á.²

¹ Dirección General de Gestión del Medio Natural y Espacios Protegidos, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. J. de Andalucía

² Delegación Territorial de Málaga, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía

Resumen

El 30 de agosto de 2012 se inició un gran incendio en el paraje de *Barranco Blanco* (Coín) que afectó a los términos municipales de Alhaurín el Grande, Coín, Marbella, Mijas, Monda y Ojén recorriendo una superficie de 8.224 ha (con una superficie forestal de 7.175,3 ha). Con objeto de realizar un seguimiento de las actuaciones post-incendio, se planteó el seguimiento de la regeneración de pino resinero a través de un estudio que permitiera extraer resultados contrastados del efecto de diferentes tipos de manejo de la mader quemada.

Se testaron cuatro tratamientos distintos: I.- Extracción total de la madera quemada mediante cable acoplado a tractor forestal; II.- Extracción total de la madera quemada con pala acoplada a bulldozer; III.- No extracción de la madera quemada y mantenimiento en pie sobre el terreno (control); IV.- Apeo de los árboles quemados y no extracción, dejándose los fustes sobre el terreno (fustes orientados). Para cada uno de los tratamientos se acotaron tres áreas de estudio (repeticiones) de 50 x 50 m y en cada una de estas áreas de estudio se seleccionaron cuatro terrazas en donde se ubicaron, de forma aleatoria, 12 unidades de muestreo de 1 m².

En este trabajo se exponen los resultados de las tres mediciones realizadas (junio 2013, diciembre 2013 y noviembre 2014). Dos veranos después del incendio los niveles de densidad de plántulas eran similares en las alternativas de manejo evaluadas, con unos valores próximos a 1 plántulas/m² (10.000 plantas/ha), salvo en una de las tres réplicas del tratamiento de árboles en pie en la cual las densidades fueron notablemente superiores (26,42 plántulas/m²). El patrón de la regeneración fue ostensiblemente irregular, estando ausente en las dos terceras partes de la superficie.

Palabras clave

Adaptaciones al fuego, Saca de madera, Tratamientos selvícolas

1. Introducción

Los incendios forestales constituyen una de los principales factores de perturbación de los ecosistemas mediterráneos. Bajo las condiciones actuales de cambio climático se prevé que su incidencia aumente en las próximas décadas, requiriendo de esfuerzos cada vez mayores para evitar que afecten negativamente a bienes y personas. Tras un incendio, la recuperación natural de la cubierta vegetal se lleva a cabo a través de procesos de sucesión ecológica que están muy influidos por las condiciones locales (existencia de fuente de propágulos, intensidad del fuego, vegetación remanente, procesos de erosión, etc.). En numerosas ocasiones, sin embargo, especialmente cuando la pérdida de cobertura ha sido elevada y se acrecienta considerablemente el riesgo de erosión, cuando existe demanda social o debido a otros factores que lo aconsejen, se requiere de una intervención dirigida a acelerar la reimplantación de cubierta vegetal a través de actuaciones de restauración artificial (MADRIGAL *et al.*, 2005; VEGA *et al.*, 2005).

La retirada de la madera quemada es una de las primeras actuaciones que se planifican y ejecutan en estas intervenciones (BAUTISTA *et al.*, 2004). Se persiguen con ello varios objetivos (Castro *et al.*, 2010), entre los cuales se encuentra reducir la incidencia de plagas (perforadores) que afecten a los árboles que hayan sobrevivido al incendio, reducir la carga combustible para evitar futuros incendios, evitar riesgos inherentes a la caída del arbolado muerto, preparar el terreno para las actuaciones de plantación o siembra o reducir el impacto emocional del incendio (CASTRO *et al.*, 2009). Llevar a cabo esta actuación de modo genérico ha sido cuestionado por trabajos de investigación que han puesto de manifiesto que la pertinencia ecológica, económica y selvícola de la saca dependen del contexto y no siempre están justificados (LINDENMAYER *et al.*, 2008; LEVERKUS *et al.*, 2012; RODRÍGUEZ *et al.*, 2013).

Estos trabajos recomiendan implementar un enfoque caso a caso a la hora de tomar las decisiones de gestión tras un incendio forestal (CASTRO *et al.*, 2009, 2016) evaluando el grado de intervención y los medios que han de utilizarse en función de factores como las características del incendio, del potencial de restauración natural de la zona, de los costes económicos, del impacto visual y la accesibilidad del área quemada o de las necesidades técnicas para las futuras actuaciones selvícolas. En base al estudio concreto de cada zona incendiada y su contexto ecológico y social, se seleccionarán las actuaciones técnicas más aconsejables (desde la extracción total a la no intervención pasando por diferentes grados de intensidad de corta y retirada, apeo y no extracción de los pies quemados, tratamiento de los fustes y ramas quemadas para mejorar el estado del suelo, etc.).

Para que esto sea factible, es preciso contar con conocimiento e información de calidad que facilite aplicar los diferentes criterios en que se ha de basar una toma de decisión que, por otro lado, con frecuencia exige de soluciones técnicas urgentes. Si bien en los últimos años han aumentado los estudios sobre este tema que han permitido consolidar el marco teórico y sentar las bases sobre los mecanismos que determinan los efectos de la saca de la madera quemada sobre el ecosistema y su recuperación (CASTRO, LEVERKUS y GUZMÁN, 2015), la diversidad de circunstancias y condiciones de los incendios forestales en España demanda un mayor número de experiencias sobre las que se puedan extraer conclusiones de cara a disponer de mejor criterio para futuras decisiones.

Con este ánimo, en este trabajo se exponen los resultados de evaluación de las actuaciones realizadas en la primera fase de restauración del incendio forestal que afectó a miles de hectáreas de pinares resineros de la serranía litoral de Málaga.

El incendio se inició el 30 de agosto de 2012 en el paraje de *Barranco Blanco*, término municipal de Coín, recorriendo una superficie de 8.224 hectáreas pertenecientes a los términos municipales de Alhaurín el Grande, Coín, Marbella, Mijas, Monda y Ojén. Del total de superficie recorrida por el fuego, la superficie forestal ascendió a 7.175,3 hectáreas. La intensidad del fuego, con abundante fuego de copas, provocó la muerte de la mayor parte del arbolado presente en la zona, consistente principalmente en pinos resineros (*Pinus pinaster*) que tiene la particularidad de crecer en un medio muy difícil sobre un roquedo caracterizado en una amplia proporción por la presencia de peridotitas.

2. Objetivos

A raíz del incendio se pusieron en marcha actuaciones selvícolas de urgencia en base en primera instancia al riesgo existente para las personas y bienes (se trata de una zona con uso recreativo dada su proximidad a la zona turística del litoral). Fruto de experiencias anteriores sobre este tipo de formaciones forestales, también se tuvieron en cuenta como criterios de decisión mejorar las condiciones de nascencia y futuro desarrollo de la regeneración, facilitar actuaciones selvícolas posteriores y evitar incidencia de plagas ante la constatación de que parte del arbolado no había sido completamente dañado. Como factor de contexto también hay que reseñar la gran preocupación social que generó el incendio y el elevado impacto emotivo al ser una zona propensa a ser contemplada por un gran número de personas desde muchas perspectivas diferentes.

Las actuaciones diseñadas consistieron en el apeo de los árboles quemados y su retirada mediante cable o pala (dependiendo de la zona de trabajo). Otros métodos de intervención se desestimaron en base a la evaluación de los criterios anteriores. No obstante, se planteó realizar un ensayo en zonas demostrativas con algunos de los tratamientos posibles que finalmente no se seleccionaron, de modo que se pudieran comparar los resultados de estos con los derivados de los métodos utilizados en la intervención para disponer de mejor conocimiento para el futuro.

En base a ello, los objetivos planteados en el seguimiento fueron:

- 1.- Extraer resultados contrastados del efecto de diferentes tipos de intervención realizados sobre la superficie quemada (sobre la regeneración, los costes totales de intervención, el manejo selvícola y otras variables).
- 2.- Obtener información de calidad como soporte para la futura toma de decisión en el diseño de la segunda fase de las actuaciones para favorecer la restauración de la vegetación en el área incendiada.
- 3.- Aumentar el conocimiento sobre técnicas de manejo de la vegetación post-incendio de manera que se mejoren las decisiones en situaciones similares futuras.

3. Metodología

Fruto de las visitas de campo realizadas los días 18 de marzo y 20 de mayo de 2013, se planteó el siguiente protocolo de trabajo para la medición del efecto sobre la regeneración natural de pino resinero (proceso de autosucesión) de diferentes tipos de actuación post-incendio (tratamientos).

3.1.- Selección de cuatro tipos de actuación post-incendio (tratamientos).

Los tratamientos escogidos fueron:

1. Extracción total de la madera quemada mediante cable acoplado a tractor forestal.
2. Extracción total de la madera quemada con pala.
3. No extracción de la madera quemada y mantenimiento en pie sobre el terreno (control).
4. Apeo de los árboles quemados y no extracción, dejándose los fustes sobre el terreno (fustes orientados).

Del tratamiento número 4 no se pudo realizar la primera medición.

3.2.- Replanteo y ejecución de los trabajos en tres réplicas por tratamientos.

- Las condiciones ambientales de las áreas de seguimiento se acotaron de manera que fueran similares en cuanto a suelos (peridotitas), inclinación y orientación. Para el cumplimiento de estas dos últimas condiciones se seleccionó como orientación de las parcelas la Este para que no hubiera un efecto marcado de solana o umbría.
- Las dimensiones de cada una de las réplicas fueron 50 x 50 metros.
- Los vértices de cada parcela se fijaron con estaquillas y se tomaron las coordenadas GPS, marcándose en planimetría (ArcGIS).

- En el caso de las parcelas de árboles en pie, se delimitaron con cinta de señalización roja y blanca como señal indicativa para evitar el acceso ante los posibles riesgos de caída.
- Para el tratamiento número 4 (fustes orientados) sólo se pudieron seleccionar dos réplicas.

3.3.- Selección para el seguimiento de cuatro terrazas en cada réplica.

- Las terrazas en donde se sitúan los pinos quemados tienen una dimensión aproximada de 2 m (plataforma) x 3 m (talud), por lo que cada área de seguimiento (réplica) incluye 10 terrazas.
- Se seleccionaron cuatro terrazas en cada área de seguimiento siguiendo una tabla de números aleatorios generada específicamente.
- En las parcelas en donde realizó la saca de la madera mediante pala, las terrazas fueron reajadas por lo que se adoptó el criterio de realizar la medición a partir de unas terrazas virtuales de 5 metros de ancho, midiéndose los puntos de muestreo de los taludes dos metros ladera abajo de los puntos de la plataforma.

3.4.- Selección de 12 unidades de muestreo de 1 m² (6 en la plataforma y 6 en el talud) en cada una de las terrazas.

- Los marcos se posicionaron en las terrazas siguiendo una tabla de números aleatorios. Para ello se situó una rejilla ideal de 50 x 2 celdillas en cada plataforma y en cada talud (tomando los 2 metros centrales) y se asignaron las cifras de la tabla de números aleatorios de acuerdo con el esquema siguiente:

1	2	3	4	5	6	7	8	...
51	52	53	54	55	56	57	58	...

- Se situaron marcas para poder ubicar las unidades de muestreo en posteriores mediciones mediante una estaquilla nombrada con el siguiente criterio: inicial del tipo tratamiento, n° réplica, n° terraza, n° punto muestro.
- La unidad de muestreo consistió en un recinto circular de 1 m².

3.5.- Medición de las unidades de muestreo.

- Densidad de regeneración: número de brinzales de pino resinero.
- Altura: se marcó uno de los pinos en cada unidad de muestreo y se midió la altura. En caso de que no hubiera ningún pino en el interior del marco, se midió el más próximo.
- Cobertura: % de cobertura herbácea en la unidad de muestreo (medida aproximada de visu).
- Número de individuos de encinas, enebros, majoleto u otras especies propias de etapas avanzadas de la evolución vegetal.
- Otras observaciones de interés, principalmente la presencia de rocosidad.

En esta comunicación solo se presentan los resultados de la primera de las variables evaluadas.

3.6.- Toma de datos

Se realizaron tres mediciones:

- Primera medición: Entre el 5 y el 25 de junio de 2013.
- Segunda medición: Diciembre 2013 (después del primer verano).
- Tercera medición: Noviembre 2014 (después del segundo verano).

4. Resultados

Los resultados se detallan en las Tablas 1 y 2 para las mediciones de junio de 2013 y de noviembre de 2014. En la Figura 1 se aprecia la evolución del número de plántulas de pino resinero por tratamiento y réplica para las tres fechas de medición. Por último, en las Figuras 2, 3, 4 y 5 se detalla la evolución del número de plántulas de pino resinero en cada una de las terrazas de las distintas réplicas de cada uno de los tratamientos para las tres fechas de medición.

Debido a las condiciones meteorológicas de 2013, con unas abundantes lluvias, aparecieron dos cohortes de plántulas de pino resinero correspondientes a la germinación otoñal y primaveral.

Un aspecto importante que hay que considerar a la hora de realizar la interpretación de los resultados es que los trabajos de saca de madera se extendieron entre octubre de 2012 y junio de 2013, suponiendo que en algunas parcelas se había dado lugar ya a la germinación de las semillas.

En la primera medición (junio 2013) todavía no se había producido estrés estival. Inicialmente (Tabla 1) hubo diferencias muy apreciables en la densidad de plántulas en los tres tratamientos medidos: 2,09 plántulas/m² (20.900 plántulas/ha) en la extracción con pala, 12,31 plántulas/m² (123.100 plántulas/ha) en la extracción con cable y 60,08 plántulas/m² (600.800 plántulas/ha) en las parcelas en las que la madera quemada permaneció en pie.

Los máximos de densidad de regeneración inicial correspondieron a las unidades de muestreo de madera en pie, en las que en el 26,4% de las unidades de muestreo se contabilizaron más de 100 plántulas/m² (equivalente a 1.000.000 plántulas/ha).

En los distintos tratamientos existe una variabilidad notable en la germinación de plántulas (Figura 1). Mientras que en el caso del tratamiento de los árboles en pie solamente carecieron de plántulas 2 unidades de muestreo sobre 144 (0,01%), en el tratamiento cable sumaron 24 unidades de muestreo sin germinación (16,67%) y en el caso del tratamiento pala ascendieron a 43 (29,9%).

Inicialmente no se detectaron diferencias entre la regeneración ocurrida en la plataforma de las terrazas y el talud.

Tras el primer verano (medición de diciembre de 2013), las densidades se redujeron apreciablemente: 1,18 plántulas/m² en la extracción con pala, 3,25 plántulas/m² en la extracción con cable y 23,39 plántulas/m² en las parcelas en las que la madera quemada permaneció en pie. En la medición de las parcelas del tratamiento de no extracción con fustes orientados (2 réplicas) se obtuvieron 2,02 plántulas/m².

En la tercera medición (noviembre de 2014, Tabla 2) continuó la tendencia a la reducción: 0,65 plántulas/m² en la extracción con pala, 1,14 plántulas/m² en la extracción con cable, 9,38 plántulas/m² en las parcelas en las que la madera quemada se dejó en pie y 0,70 plántulas/m² en el tratamiento de no extracción con fustes orientados.

La tasa de variabilidad (medida como el número de unidades de muestreo de 1 m² sin plántulas) en el tercer muestreo fue la siguiente: 64,6% en cable, 66,7% en pala, 71,9% en fustes y 47,2% en árboles en pie.

En el otoño de 2014, tras la temporada de lluvias, aproximadamente la mitad de los árboles de las parcelas del tratamiento árboles en pie no-extracción fueron volcados por el viento, dificultando las tareas de medición.

Tabla 1. Síntesis de las densidades de plántulas de pino resinero. Primera medición (junio 2013)

Medición 1	jun-13	Nº parcelas	Media	Desv. estándar	Mínimo	Nº con 0 pinos	Máximo
Cable	Total	144	12,31	16,07	0	0	85
	1	48	18	18,89	0	1	85
	2	48	16,85	16,14	0	7	63
	3	48	2,06	2,69	0	16	12
	Plataforma	72	11,79	15,93	0		82
	Talud	72	12,82	16,3	0		85
Pala	Total	144	2,09	2,99	0	0	20
	1	48	1,63	2,8	0	19	17
	2	48	1,04	1,58	0	22	8
	3	48	3,6	3,63	0	2	20
	Plataforma	72	1,85	2,3	0		11
	Talud	72	2,33	3,55	0		20
En pie	Total	144	60,08	51,14	0	0	188
	1	48	40,69	41,57	0	1	161
	2	48	107,5	44,14	20	0	188
	3	48	32,04	28,23	0	1	105
	Plataforma	72	69,25	55,02	0		185
	Talud	72	50,9	45,49	0		188

Tabla 2. Síntesis de las densidades de plántulas de pino resinero. Tercera medición (noviembre 2014)

Medición 3	nov-14	Nº parcelas	Media	Desv. estándar	Mínimo	Nº con 0 pinos	Máximo
Cable	Total	144	1,14	2,57	0	93	20
	1	48	1,08	2,31	0	32	11
	2	48	2,10	3,56	0	22	20
	3	48	0,23	0,52	0	39	2
	Plataforma	72	1,13	1,14	0	45	11
	Talud	72	1,15	1,17	0	48	20
Pala	Total	144	0,65	1,59	0	96	15
	1	48	0,35	0,73	0	35	4
	2	48	0,25	0,48	0	36	1
	3	48	1,35	2,49	0	25	15
	Plataforma	72	0,56	1,20	0	51	7
	Talud	72	0,75	1,91	0	45	15
En pie	Total	144	9,38	16,32	0	68	75
	1	48	0,86	2,06	0	36	10
	2	48	26,42	20,63	0	1	75

Medición 3	nov-14	Nº parcelas	Media	Desv. estándar	Mínimo	Nº con 0 pinos	Máximo
	3	48	2,48	5,55	0	32	23
	Plataforma	72	12,83	19,19	0	31	69
	Talud	72	5,93	12,01	0	37	75
Fustes	Total	96	0,70	1,67	0	69	10
	1	48	0,73	1,88	0	36	10
	2	48	0,67	1,45	0	33	7
	Plataforma	48	0,52	1,37	0	36	10
	Talud	48	0,88	1,92	0	33	7

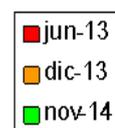


Figura 1. Diagrama de la evolución del número de plántulas de pino resinero (tratamientos y réplicas)

Figura 2. Evolución del número de plántulas de pino resinero en cada una de las terrazas (4) de las réplicas (3) de la extracción total por cable

Figura3. Evolución del número de plántulas de pino resinero en cada una de las terrazas (4) de las réplicas (3) de la extracción total con pala

Figura 4. Evolución del número de plántulas de pino resinero en cada una de las terrazas (4) de las réplicas (3) de la no extracción con árboles en pie

Figura 5. Evolución del número de plántulas de pino resinero en cada una de las terrazas (4) de las réplicas (2) de la no extracción con apeo y fustes orientados

Durante el periodo de tiempo analizado, el tratamiento de árboles en pie mostró una regeneración superior (Figura 1). Sin embargo, analizando en detalle el comportamiento de las réplicas de este tratamiento, se aprecia una gran diferencia entre dos de ellas, cuyos valores son similares en orden de magnitud al de la regeneración en los otros tratamientos (con medias de 0,86 y 2,48 plántulas/m²) y una tercera cuya media es claramente mayor (26,42 plántulas/m²). Por otro lado, la tasa de variabilidad interna es igualmente similar a la de los otros tratamientos en dos de las réplicas (75,0% y 66,7%, respectivamente), mientras que en la tercera solamente el 2% de las unidades de muestreo carecía de regeneración en la tercera medición lo que sugiere la incidencia de factores ambientales locales que expliquen este distinto comportamiento.

5. Discusión

La madera quemada es un legado biológico que debería considerarse como uno de los elementos a la hora de tomar decisiones en la restauración post-incendio, siendo muy relevante debido a las funciones biológicas que desempeña. Sin embargo, los efectos positivos dependen del contexto y deben ser valorados en las circunstancias concretas de cada área incendiada atendiendo a otras consideraciones que se tienen en cuenta en la toma de decisiones sobre la gestión post-incendio como el riesgo de plagas, la seguridad en el monte y el riesgo para personas y bienes, las posibles pérdidas económicas, el componente estético y afectivo o auspiciar unas condiciones predecibles para la restauración, entre otras (CASTRO, LEVERKUS y GUZMÁN, 2015).

Desde el punto de vista técnico, no siempre está clara (ni resulta sencilla la decisión) la mejor práctica de manejo selvícola post-incendio ni son posibles las respuestas universales (MADRIGAL *et al.*, 2011). En el caso del incendio de Ojén-Coín, se organizó un grupo técnico para el estudio de la situación y la formulación de las propuestas de actuación. Se identificó que el incendio había introducido riesgos considerables para personas y bienes (debido a la previsible caída accidental de árboles que pudieran afectar a paseantes en el monte y a los arrastres en episodios tormentosos sobre las localidades aguas abajo). Dada la extensa superficie afectada por el incendio, las actuaciones de restauración se centrarían de forma urgente en las zonas de mayor severidad (MADRIGAL *et al.*, 2011). El incendio, por otro lado, trajo aparejada una intensa preocupación social y un gran interés por la restauración de la zona quemada.

La opción de intervención técnica elegida fue, en este caso, el apeo y la saca mecanizada a través de dos modalidades (extracción por cable y con pala) en función del relieve de cada rodal, disponiendo puntualmente fajinas con los troncos y ramas apeados en las áreas propensas a la escorrentía para reducir el efecto de la erosión. También se llevarían a cabo actuaciones de corrección hidrológico-forestal en los cauces y reparación y adecuación de caminos. En la toma de decisión de estas primeras actuaciones de urgencia se pusieron en común las fortalezas y debilidades de otras opciones de manejo como dejar la madera en pie o apeo los troncos y dejar los restos sobre el suelo.

A partir de experiencias anteriores en las que se había manifestado la serotinia de este ecotipo (factor de gran importancia para la evaluación de la respuesta post-incendio, GIL *et al.*, 2009), se valoró que el potencial de regeneración natural del pinar podría ser bueno dada la previsible respuesta del banco de semillas aéreo, considerándose que la remoción del suelo favorecería el semillado y que la retirada de la madera quemada facilitaría las actuaciones posteriores de manejo. No obstante, como en otras actuaciones post-incendio, la decisión estaba sujeta a un grado notable de incertidumbre debido a la impredecibilidad de factores como las condiciones meteorológicas de los siguientes meses.

En este marco complejo de toma de decisión se estimó aconsejable diseñar una evaluación que aportase conclusiones robustas sobre el resultado de la intervención y que fueran comparables con otras posibles alternativas de manejo que no se seleccionaron para su implementación. Con ello quedarían documentadas las decisiones de gestión, generándose información que aumente el conocimiento empírico derivado de la propia experiencia y contribuyéndose a mejorar futuras actuaciones apoyándose en la evidencia (RODRÍGUEZ *et al.*, 2013).

En la evaluación se adoptó como indicador la nascencia y el establecimiento de pinos resineros dado su carácter de especie forestal constitutiva de la formación forestal madura en esta zona (peridotitas), aunque igualmente se haría el seguimiento del establecimiento (o el rebrote) de otras especies (coscoja, lentisco, etc).

Los resultados de la primera medición (junio de 2013) pusieron de manifiesto la gran capacidad de regeneración post-incendio de este ecotipo de pino resinero, a lo que se sumaron unas favorables condiciones para la nascencia y primer establecimiento durante los meses otoñales y primaverales. El tratamiento de madera quemada en pie multiplicó por 5 el número de plantas por unidad de superficie en comparación con la extracción con cable y por 30 el tratamiento de extracción con pala, que acusó los efectos derivados del tránsito de maquinaria tras la nascencia. No obstante, el número de brinzales resultó ser muy prometedor incluso en este último caso (2,09 plántulas/m², equivalente a 20.900 plántulas/ha). Tras pasar el primer verano hubo un descenso considerable del número de plántulas (medición de diciembre de 2013), que continuó descendiendo tras el segundo verano (noviembre 2014) hasta alcanzar valores de densidad equiparables en orden de magnitud en tres de los cuatro tratamientos (en torno a 1 planta/m²). El cuarto tratamiento ofreció como valor medio de sus tres réplicas una cantidad un orden de magnitud superior (en torno a 10 planta/m²), aunque con un gran efecto de la repetición, puesto que dos de las tres réplicas se ajustaban al patrón de los otros tres tratamientos. Las densidades alcanzadas en la tercera medición, en cualquier caso, sitúan un escenario de porvenir para la regeneración del pinar de pino resinero en el área incendiada en todas las actuaciones, aunque mostrando un patrón de presencia que acusa bastante irregularidad.

Distintos estudios sobre *Pinus pinaster* ponen de manifiesto el diferente comportamiento post-incendio que muestra esta especie en función del ecotipo, la severidad del incendio y otras variables, además de la influencia y consecuencias que tiene el momento de la saca y de extracción de la madera quemada (FERNÁNDEZ *et al.*, 2008; FERRANDIS *et al.*, 2001; GUZMÁN *et al.*, 2005; VEGA *et al.*, 2005, 2009; MADRIGAL *et al.*, 2005, 2006, 2011), siendo difícil deducir reglas generales de aplicación práctica. Por ejemplo, en relación con las actuaciones de saca y arrastre de la madera, con densidades de regeneración muy altas (con cifras que pueden alcanzar con frecuencia entre los 20.000 y los 50.000 pies/ha en ecotipos muy seróticos), la mortandad debida al arrastre provocado por la maquinaria puede resultar favorable al reducir las densidades finales que requerirán de clareos posteriores, Por el contrario, cuando el establecimiento de plántulas es pobre, las actuaciones selvícolas posteriores pueden comprometer la continuidad de la especie (MADRIGAL *et al.*, 2009, 2011; VEGA *et al.*, 2009).

La evidencia de campo muestra que la regeneración post-incendio está sometida en la actualidad a un mayor grado de incertidumbre debido a la mayor irregularidad en el régimen de precipitaciones y a la incidencia de un periodo cálido más prolongado y seco, circunstancias que se han identificado como efectos del cambio climático. Las respuestas desde la gestión, siempre difíciles, se ven por ello sometidas a tensiones adicionales. Respuestas que, por otro lado, deben pasar por el tamiz de la disponibilidad de presupuesto y recursos, lo que a menudo no es posible cuadrar en calendario y magnitud. Todo ello obliga a no confiar en modelos de gestión que estén basados en la certeza de la intervención dirigida sobre los ecosistemas y, por el contrario, apoyarse más en soluciones de acompañamiento y reforzamiento de los procesos de restauración natural. Lo que no significa

prescindir de la gestión ni abandonar el monte a su propia dinámica, sino planificar y diseñar las intervenciones de un modo óptimo aprovechando mejor los recursos disponibles.

En el caso de los bosque de pino negral o resinero incendiados, MADRIGAL *et al.* (2011) proponen como elementos a tener en cuenta para los trabajos post-incendio conocer el potencial de regeneración del ecotipo de la zona incendiada, planificar de modo razonable los trabajos de saca y extracción para evitar daños al suelo y centrar los esfuerzos en las zonas de menor potencial regenerativo o en donde el incendio tuviera mayor severidad, y apoyar tempranamente a la regeneración actuando sobre la densidad para reducir la competencia.

6. Conclusiones

Como de este estudio, se desprende que en el caso del incendio de Coín - Ojén (agosto de 2012) la medición del establecimiento de plántulas de pino resinero dos veranos después del incendio mostró valores de densidad similares para las alternativas de manejo evaluadas (apeo y saca de madera con cable, apeo y saca de madera con pala, mantenimiento de madera en pie, apeo y disposición de los fustes de modo orientado sobre el suelo) con unos valores próximos a 1 plántulas/m² (10.000 plantas/ha), salvo en una de las tres réplicas del tratamiento de árboles en pie en la cual las densidades fueron notablemente superiores (26,42 plántulas/m²). El patrón de la regeneración fue ostensiblemente irregular, estando ausente en las dos terceras partes de la superficie.

7. Agradecimientos

Las actuaciones de urgencia para la restauración tras el incendio de Ojén-Coín (por ser éstos los términos municipales más afectados) han sido financiadas con fondos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y de la Unión Europea a través del Programa de Desarrollo Rural en aplicación del Reglamento FEADER.

8. Bibliografía

BAUTISTA, S.; GIMENO, T.; MAYOR, A. G.; GALLEGU, D. 2004. Los tratamientos de la madera quemada tras los incendios forestales. En: Vallejo JA, Alloza VR, editores. La gestión del bosque mediterráneo. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. pp. 547-570.

CASTRO, J.; NAVARRO, R.; GUZMÁN, J. R.; ZAMORA, R.; BAUTISTA, S. 2009. ¿Es conveniente retirar la madera quemada tras un incendio? Una práctica forestal poco estudiada. *Quercus* 281:34-41.

CASTRO, J. ; MARAÑÓN-JIMÉNEZ, S.; SÁNCHEZ MIRANDA, A.; LORITE, J. 2010. Efecto del manejo de la madera quemada sobre la regeneración forestal post-incendio: desarrollo de técnicas blandas de restauración ecológica. En: Ramirez L, Asensio B, editores. Proyectos de investigación en parques nacionales 2006-2009. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. pp. 139-157.

CASTRO, J.; LEVERKUS, A.; GUZMÁN, J R. 2015. Técnicas blandas para la restauración de zonas quemadas en ambientes mediterráneos. En: Herrero, A.; Zavala, M.A. (Ed.) Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Madrid, pp. 595-604.

CASTRO, J.; LEVERKUS, A. B.; NAVARRO, J.; GUZMÁN, J. R. 2016. Qué hacer con los árboles quemados tras un incendio forestal. *Quercus*, 366: 32-38.

FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; FONTÚRBEL, M.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*, 225: 1294-1304.

FERRANDIS, P.; DE LAS HERAS, J., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; HERRANZ, J.M. 2001. Influence of a low-intensity fire on a *Pinus pinaster* Ait. forest seed bank and its consequences on the early stages of plant succession. *Israel Journal of Plant Sciences*, 49 (2): 105-114.

GIL, L.; LÓPEZ, R.; GARCÍA-MATEOS, A.; GONZÁLEZ-DONCEL, I. 2009. Seed provenance and fire related traits of *Pinus pinaster* in central Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 18: 1003-1009.

GUZMÁN ÁLVAREZ, J. R.; NAVARRO CERRILLO, J. R.; CONTRERAS MIRA, I. 2005. Efecto de la retirada de madera sobre la regeneración de pino resinero (*Pinus pinaster*) tras un incendio en la Sierra de Cazorla. En: IV Congreso Forestal Español. CD de Ponencias y Comunicaciones. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Zaragoza

LEVERKUS, A. B.; PUERTA PIÑERO, C.; GUZMÁN ÁLVAREZ, J. R., NAVARRO, J.; CASTRO, J. 2012. Post-fire salvage logging increases restoration costs in a Mediterranean mountain ecosystem. *New Forests*, 43: 601-613.

LINDENMAYER, D. B.; BURTON, P. J.; FRANKLIN, J. F. 2008. Salvage logging and its ecological consequences. Island Press, Washington.

MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; MARTÍNEZ-HERRANZ, E.; GUIJARRO, M.; DÍEZ, C. 2005. Regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* Ait.: modelos descriptivos de los factores influyentes en la densidad inicial y la supervivencia. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 14 (1): 36-51

MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M.; DÍEZ, C.; VEGA, J.A.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; FONTÚRBEL, T.; CUIÑAS, P. 2006. Situación de la regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. en España. *Montes* 85: 27-34.

MADRIGAL, J.; VEGA, J.A.; HERNANDO, C.; FONTÚRBEL, T.; DÍEZ, R.; GUIJARRO, M.; DÍEZ, C.; MARINO, E.; PÉREZ, J.R.; FERNÁNDEZ, C.; CARRILLO, A.; OCAÑA, L.; SANTOS, I. 2009. Efecto de la corta a hecho y la edad de la masa en la supervivencia de regenerado de *Pinus pinaster* Ait. tras el gran incendio del Rodenal de Guadalajara. 5º Congreso Forestal Español. Ávila 21-25 de septiembre de 2009.

MADRIGAL, J.; HERNANDO, C.; GUIJARRO, M. 2011. El papel de la regeneración natural en la restauración tras grandes incendios forestales: el caso del pino negro. *Boletín del CIDEU*, 10: 5-22.

RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, N.; BORDAS, P.; PIÑEIRO, J.; GARCÍA DE CASTRO, N.; MARTÍN, P.; MENDEZ, M. 2013. Meta-análisis de los efectos de la retirada de la madera quemada sobre la regeneración de los bosques mediterráneos: un paso hacia una gestión basada en la evidencia. *Ecosistemas* 22(1):71-76.

VEGA, J. A.; HERNANDO, C.; MADRIGAL, J.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; GUIJARRO, M.; FONTURBEL M. T.; CUIÑAS, P.; MARTÍNEZ, E.; FERNÁNDEZ, C. 2005. Regeneración de *Pinus pinaster* Ait. tras incendios forestales y medidas selvícolas para favorecerla. En: IV Congreso Forestal Español. CD de Ponencias y Comunicaciones. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Zaragoza

VEGA, J. A.; MADRIGAL, J.; FONTÚRBEL, T.; HERNANDO, C.; PÉREZ, J. R. GUIJARRO, M.; FERNÁNDEZ, C. DÍEZ, C.; MARINO, E.; CARRILLO, A.; OCAÑA, L.; SANTOS, I. 2009. Efecto de la severidad del incendios y la corta a hecho del arbolado sobre la supervivencia del regenerado de *Pinus pinaster* Ait. después

del gran incendio del Rodenal de Guadalajara. 5º Congreso Forestal Español. Ávila 21-25 de septiembre de 2009.