



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Influencia de las quemas prescritas como tratamiento previo a la producción de resina en pinares de *Pinus pinaster*

MADRIGAL, J.^{1, 2, 3}, CARRILLO GARCÍA, C.^{1, 2}, RODRÍGUEZ, A.⁴, DOMÍNGUEZ, J.F.⁵, SAN QUIRICO, A.⁵, GONZÁLEZ, D.⁶, GUIJARRO, M.^{1, 3}, DÍEZ, C.¹, ESPINOSA, J.⁷, LÓPEZ-SANTALLA, A.⁸, HERNANDO, C.^{1, 3}

¹ Centro de Investigación Forestal (INIA, CSIC). incendio@inia.es

² ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

³ iuFOR, El Instituto Universitario de Gestión Forestal Sostenible, uVA-INIA

⁴ CESEFOR.

⁵ Junta de Castilla y León. Servicio Territorial de Soria.

⁶ TRAGSA, TSUP Incendios y Emergencias. Operaciones Tragsa / G. Incendios Y Emergencias. Grupo Tragsa – SEPI.

⁷ ETSIAA Palencia. Universidad de Valladolid.

⁸ Área de Defensa contra Incendios Forestales. Subdirección General de Política Forestal. MINECO.

Resumen

La puesta en producción de pinares (*Pinus pinaster*) en los últimos años para la obtención de resina, hace necesario disminuir su vulnerabilidad a incendios forestales mediante la eliminación de combustible bajo copas. Se propone usar la quema prescrita como tratamiento previo a la apertura de la primera cara de resinación en parcelas experimentales situadas en Quintana Redonda (Soria). Mediante un dispositivo experimental de tres parcelas quemadas en el año 2018 y tres controles, se evalúa la producción de resina en 90 árboles, durante cuatro años de seguimiento (2018-2021), analizando los efectos de la quema sobre la producción de resina a escala de árbol y de rodal. Para ello se realizó la pesada de las remasas en cada campaña. No se obtuvieron diferencias significativas de la producción a escala de parcela. Los resultados mostrarían que la producción de resina en parcelas quemadas y resinadas se mantiene respecto al control resinado lo que haría a la quema prescrita previa a la puesta en producción un tratamiento compatible con la resinación.

Palabras clave

Bioeconomía forestal, gestión adaptativa, prevención de incendios, vulnerabilidad.

1. Introducción

Las quemas prescritas bajo arbolado son una herramienta de gestión basada en la aplicación de fuegos controlados de baja intensidad ejecutados por personal cualificado mediante procedimientos específicos y objetivos concretos en base a una planificación técnica (PYNE et al 1996). Es un tratamiento selvícola ampliamente utilizado a nivel mundial y que aborda múltiples objetivos, entre los que destaca la disminución de la biomasa de combustible forestal bajo arbolado para prevenir incendios forestales (VÉLEZ 2009). En España se viene discutiendo su implantación en la gestión forestal desde los años 1980s pero no es hasta tiempos recientes cuando las comunidades autónomas están haciendo esfuerzos por formar a su personal de extinción de incendios para una correcta planificación y ejecución del tratamiento (CAESCG 2016). Existe experiencia y tecnología contrastada para ejecutar este tratamiento con seguridad y eficacia en los ecosistemas europeos (SANDE SILVA et al 2010). En países como Portugal hay un amplio uso de esta técnica y en España forma parte de la gestión forestal en Cataluña y Canarias (FERNANDES et al 2016). En otras comunidades autónomas como Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha y Andalucía se están introduciendo paulatinamente con el objetivo de formación de personal para, en fases posteriores, poder abordar programas de quema en las diferentes provincias (CAESCG, 2016). En este sentido, se implementó el Programa nacional de quemas prescritas experimentales bajo arbolado (GONZÁLEZ SANCHO et al 2020), del entonces Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) y hoy Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), que comenzó

en el año 2012. La ejecución se realiza a través de la empresa TRAGSA que viene trabajando durante el invierno con el personal de las BRIF para la aplicación del fuego técnico bajo arbolado con carácter formativo y de demostración en las provincias de Cuenca, Soria, Cáceres y Zaragoza.

Las quemas prescritas tratan de reducir al máximo la afectación del fuego sobre el arbolado, aunque estudios demuestran que este tipo de tratamiento tiene una cierta influencia sobre, entre otros, un aumento en la capacidad productora de resina, de su exudación y alteraciones en su composición (LOMBARDERO et al 2006, PERRAKIS et al 2011), así como alteraciones en los canales resiníferos (PERRAKIS et al 2011; HOOD et al 2015). Podría entonces ser esperable que en el propio año de ejecución de la quema prescrita y/o en las siguientes anualidades, un incremento de la producción de resina, debido a la síntesis de terpenos como mecanismo de respuesta ante una herida o condiciones de estrés para la planta (KNEBEL et al 2008), mejorase el rendimiento del aprovechamiento resinero.

En un contexto actual de revitalización de la actividad resinera debido a la situación internacional del mercado (PINILLOS 2014) destaca la provincia de Soria (GIL 1991) con extensas masas monoespecíficas de *Pinus pinaster* Ait. que han sido ordenadas y resinadas históricamente (HERNÁNDEZ 2009). Entre otras adaptaciones ante la alta recurrencia de incendios *P. pinaster* presenta una estrategia resistente generando gruesas cortezas que los protege de elevadas temperaturas, mostrándose por ello masas especialmente adecuadas para el ensayo de este tipo de tratamientos (FERNANDES & RIGOLOT 2007).

El análisis del efecto de la quema prescrita bajo arbolado previo a la resinación permitiría evaluar si es una herramienta adecuada en masas de *P. pinaster* que vuelvan a ponerse en resinación o vayan a resinarse por primera vez. Esta herramienta de gestión supondría además la facilitación de acceso, tanto de los resineros como de los equipos de extinción en caso de producirse un incendio forestal, como la disminución del peligro de incendios por reducción de la continuidad y de la carga de combustible. En experiencias previas (RODRÍGUEZ et al. 2017, 2018) ya se había comprobado que la quema genera un aumento significativo de la cantidad de canales resiníferos pero no había producido aumento de producción de resina en el mismo año de apertura de la cara y el año posterior al experimento. Sin embargo, la inducción de defensas secundarias en el árbol no se suele producir hasta el tercer o cuarto año de la perturbación (KNEBEL et al 2008). Es la primera vez que se realiza este tipo de seguimiento en España de evaluación de la producción de resina de cuatro años después de una quema prescrita bajo arbolado.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio ha sido responder a la pregunta: ¿Aumenta la producción de resina en una masa de *Pinus pinaster* al ser sometida a una quema prescrita como tratamiento previo a la apertura de la primera cara de resinación? Se parte de la hipótesis (Figura 1) de que las quemas aumentan la apertura de canal resinífero en estas masas (RODRÍGUEZ et al. 2017, 2018) lo que podría ir asociado a un aumento de la producción durante el turno de resinación.



Figura 1. Hipótesis planteada en el presente trabajo destacando en rojo el objetivo del estudio

3. Metodología

El estudio se ha llevado a cabo en la población de soriana de Quintana Redonda (Figura 2) en masas monoespecíficas de *P. pinaster* pertenecientes a la región de procedencia 8 “Meseta Castellana” asentadas sobre, principalmente, arenas silíceas depositadas durante el Cuaternario. En 2018 se instalaron 6 parcelas experimentales de 50 m x 50 m. En 3 parcelas se ejecutaron quemas experimentales en el mes de abril asignadas al azar de entre las 6 parcelas replanteadas, quedando los otros 3 rodales como control. (Densidad=400 pies/ha; H=17 m; dbh=44 cm; Altura de ramas vivas (CBH)=10 m Espesor de corteza=4,9 cm; FCC= 80%) con sotobosque de matorral de *Cistus laurifolius* y *Erica arborea* (Altura media=1 m; Cobertura<20 %), pies dispersos de *Quercus faginea* y presencia de restos de desrame procedentes de poda natural (Carga media de combustible muerto=0,449 Kg/m²). La BRIF de Lubia (Soria) ejecutó las quemas prescritas con la técnica de fajas a favor que tuvieron como resultado la eliminación del 59% de la biomasa de acícula y el 67% de la biomasa de matorral y combustible de 1 a 100h (Tabla 1). Ese mismo año se inició el aprovechamiento resinero, sobre las parcelas quemadas (individuos quemados y resinados) y sobre el resto de la masa no quemada (individuos resinados-no quemados, parcelas control). Con objeto de observar la influencia de las quemas en la producción y gracias a la colaboración de un resinero de la zona y de los Servicios Forestales de Soria, se pesó la resina recogida en 90 árboles resinados pie a pie, 45 de ellos sometidos a quemas y 45 no afectados (15 árboles por parcela), a lo largo de las campañas de 2018 a 2021.

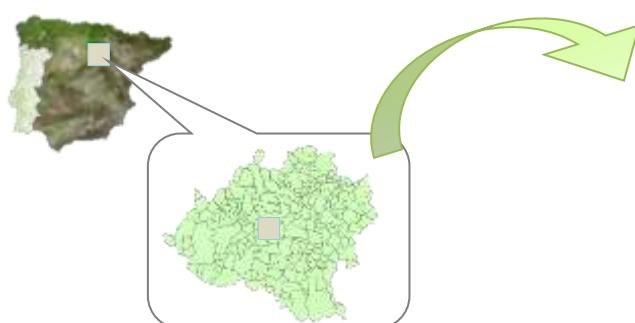




Figura 2. Situación de las parcelas de estudio dentro del municipio de Quintana Redonda (Soria). Las parcelas 2, 3 y 6 fueron quemadas y posteriormente resinadas; las parcelas 1, 4 y 5 fueron resinadas (control). Fuente: TRAGSA

Para el análisis de la producción, previa comprobación de los requisitos paramétricos, se utilizó un modelo mixto lineal generalizado (GLMM) de medidas repetidas considerando los cuatro años de los que se disponía del peso de la producción de resina. La unidad experimental fue el árbol (N=90), distribuyéndose al azar 15 individuos en cada una de las 6 parcelas (3 quemadas y 3 control) para evitar autorreplicación. Se analizó el tratamiento como factor intersujeto con 2 niveles (Quemado-Resinado, No quemado-Resinado), la fecha de medición como factor intrasujeto con 4 niveles (2018 a 2021) y sus interacciones.

Tabla 1. Reducción de la carga de combustible en cada una de las tres parcelas en las que se ejecutaron quemas prescritas previas al comienzo de la resinación. Siendo htr = horas de tiempo de retardo: 1htr = combustible de 0-6 mm de diámetro; 10htr = combustible de 6-25 mm de diámetro; 100htr = combustible de 25-75 mm de diámetro; 1000htr = combustible >75 mm de diámetro. Se muestra la reducción del espesor de hojarasca (mm) y el porcentaje de reducción total de carga de combustible (%) Fuente: TRAGSA

	Reducción Combustibles Muertos (Mg/ha)			Consumos	
	1htr	0,55	0,21	Consumo hojarasca (mm)	5,08
Parcela 2	10htr	2,05	1,13		
	100htr	2,91	1,32		
	1000htr	0,00	0,00		
		5,51	2,67	%Consumo total	78,48%
Parcela 3	1htr	0,66	0,10	Consumo hojarasca (mm)	8,08
	10htr	1,75	1,69		
	100htr	1,59	1,59		
	1000htr	0,00	0,00		

		3,99	3,38	%Consumo total	63,05%
Parcela 6	1htr	0,63	0,10	Consumo hojarasca (mm)	10,33
	10htr	1,08	1,18		
	100htr	1,85	1,32		
	1000htr	0,42	0,42		
		3,98	3,02	%Consumo total	36,41%

4. Resultados

El análisis de la producción de resina mostró diferencias significativas entre los cuatro años (factor intrasujeto) de estudio ($p<0,001$) con una producción media de 1,46 kg en 2018, 1,90 kg en 2019, 1,77 kg en 2020 y 2,73 kg en 2021 (Tabla 2). Sin embargo, no se detectaron diferencias de producción significativas (Figura 3) dentro de la misma anualidad (factor intersujeto) entre rodales sometidos al tratamiento de quemas y las parcelas control ($p=0,93$).

Tabla 2. Resultados del análisis de la producción de resina en el periodo 2018-2021 mediante Modelos Lineales Mixtos Generalizados

Residual Effect	Estimate	Std,Error	Z	Sig,	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
Var(Año=2018)	0,284	0,071	4,008	,000	0,174	0,463
Var(Año=2019)	0,226	0,051	4,397	,000	0,145	0,354
Var(Año=2020)	0,230	0,050	4,612	,000	0,150	0,351
Var(Año=2021)	1,457	0,241	6,043	,000	1,053	2,015

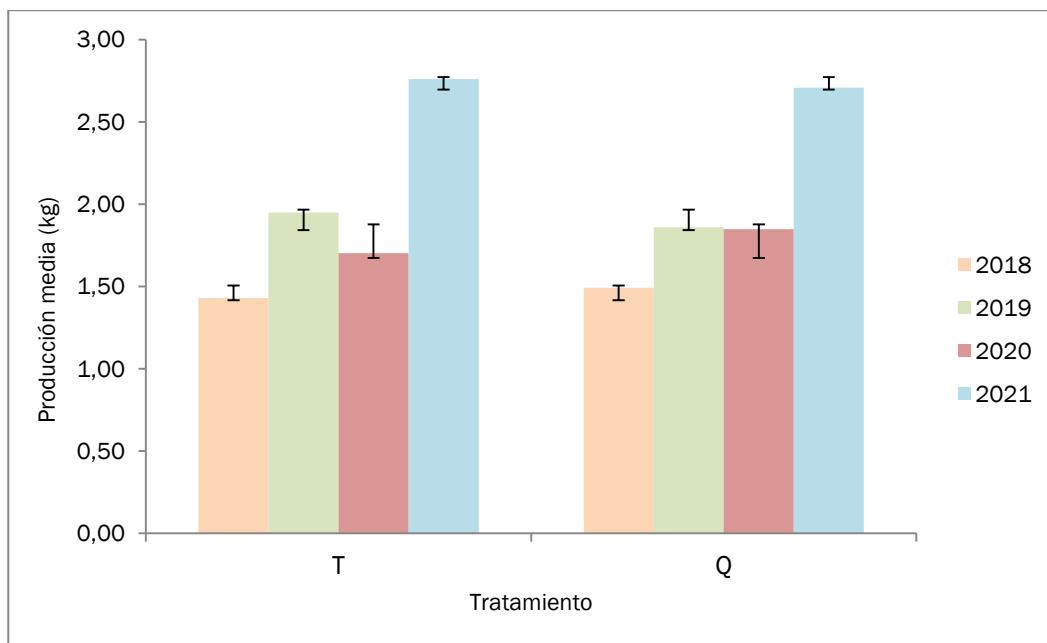


Figura 3. Producción media de resina en la que no se detectaron diferencias significativas (GLMM, factor fijo Producción $p=0,93$) entre los tratamientos de quema y resinación (Q) y solo resinación (T) para cada año a lo largo del periodo de estudio (2018-2021).

5. Discusión

No se han observado incrementos en la producción de resina en los pies sometidos al tratamiento de quema preventiva aunque sí se han observado diferencias significativas interanuales, con una tendencia al aumento con el tiempo post-quema de los kilogramos recogidos (Figura 2). Este hecho puede estar más relacionado con la climatología que con el propio tratamiento. Por otra parte, los canales traumáticos suponen un importante incremento de la producción medida (RUEL et al 1998, LOMBARDERO et al 2000) esperable en el año siguiente a su formación. De este modo, podría haber un efecto acumulativo con las entalladuras realizadas año a año que justifique el aumento de la cantidad de resina recogida.

El presente estudio ratifica los resultados previamente obtenidos en una zona colindante quemada en 2015 (RODRÍGUEZ et al 2017, RODRÍGUEZ et al 2018) en la que tampoco se observó aumento de producción a corto plazo (2 años tras la quema). Este diseño experimental pretendía aumentar el estrés en arbolado con la ejecución de quemas de mayor intensidad y realizar un seguimiento de mayor duración. Los resultados mostrarían por tanto resultados robustos con dos dispositivos independientes ejecutados en la misma zona. De igual forma tampoco se observó decaimiento de pies quemados y resinados ni han aumentado el número de captura de escolítidos (MADRIGAL et al 2017, CARRILLO et al 2021) que pudiera comprometer el estado fitosanitario de la masa.

6. Conclusiones

Los resultados indicarían que la respuesta a la pregunta planteada en la hipótesis es negativa y por tanto podemos asegurar que la quema prescrita bajo arbolado no aumenta la producción de resina. Sin embargo, el hecho de que tampoco se haya detectado una disminución de dicha producción ni decaimiento del arbolado indicaría que esta herramienta sería compatible como tratamiento previo a la apertura de las caras de resinación con el objetivo de reducir la continuidad y la carga de combustible bajo arbolado, lo que, por una parte, disminuiría el riesgo de incendio forestal, y por otra, mejoraría la accesibilidad al monte de los resineros y del personal de extinción en caso de producirse un incendio en este tipo de masas. A la vista de los resultados parece necesario continuar testando diferentes prescripciones de quema (mayor severidad, estación del año, técnica de encendido) que potencialmente puedan mejorar la producción resinera de los pinos sin afectar al estado fitosanitario de los mismos.

7. Agradecimientos

La planificación y toma de datos de las parcelas fueron coordinadas por David González Sancho (TRAGSA) dentro del convenio del MITECO-TRAGSA “Programa nacional de quemas prescritas experimentales bajo arbolado” y bajo el asesoramiento científico del CIF-Lourizán (Xunta de Galicia) y el Laboratorio de Incendios Forestales del INIA-CSIC (Centro de Investigación Forestal). La ejecución de las quemas fue realizada por la BRIF de Lubia (Soria). Los trabajos de resinación y recogida de muestras se realizaron con la ayuda y el apoyo del personal de los Servicios Forestales de Soria (Junta de Castilla y León) y resineros de la zona. La colaboración INIA-UPM-CESEFOR se ha desarrollado en el contexto de los proyectos MedWildFireLab (PCIN-2013-141-C04-04), GEPRIF (RTA2014-00011-C06-01) y VIS4FIRE (RTA2017-00042-C05-01).

8. Bibliografía

CAESCG .2016. Seminario Cambio climático y global, incendios y uso del fuego en ecosistemas mediterráneos, Disponible online https://www.youtube.com/results?search_query=caescgtv [accessible a 20 de enero de 2017]

CARRILLO, C.; RODRIGUEZ DE RIVERA, O.; MOLINERO, P.; SAN QUIRICO, A.; DOMÍNGUEZ, J.F.; DÍEZ, C.; ESPINOSA, J.; GUIJARRO, M.; HERNANDO, C.; MADRIGAL, J. 2021, Influencia del fuego prescrito en la presencia de *Ips sexdentatus* (Börner) y *Temnochila caerulea* (Olivier) en pinares de *Pinus pinaster* Aiton: nuevos resultados con un enfoque Bayesiano. XV Congreso Nacional de la AEET. 18-21 de octubre de 2021. Plasencia. Asociación Española de Ecología Terrestre,

FERNANDES, P.M.; RIGOLOT, E. 2007. The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *For Ecol Manag* 241(1): 1-13

FERNANDES, P.; ROSSA, C.; MADRIGAL, J.; RIGOLOT, E. 2016, Updated state-of-the-art on the uses of prescribed burning, Deliverable D5.1b MedWildFireLab: Global Change Impacts on Wildland Fire Behaviour and Uses in Mediterranean Forest Ecosystems, towards a «wall less» Mediterranean Wildland Fire Laboratory, ERANET FORESTERRRA, [Disponible on-line https://www.researchgate.net/publication/311487251_Updated_state-of-the_art_on_the_uses_of_prescribed_burning] [accessible a 20 de enero de 2021]

GIL, L. 1991, Consideraciones históricas sobre *Pinus pinaster* Aiton en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. *Estudios geográficos*. LII 202: 5-27

GONZÁLEZ SANCHO, D.; GÓMEZ MOLINO, R.; ÁLVAREZ PALOMARES, R.; LÓPEZ SANTALLA, A. 2020. Programa nacional de quemas prescritas experimentales bajo arbolado. *Montes* 142: 34-40

HERNÁNDEZ, L. 2009, La profesión de resinero; el ocaso de un oficio centenario. Ministerio de Medio Ambiente. Medio Rural y Marino. Madrid

HOOD, S.; SALA, A.; HEYERDAHL, E. K.; BOUTIN, M. 2015. Low severity fire increases tree defense against bark beetle attacks. *Ecol* 96(7): 1846-1855

KNEBEL, L.; ROBISON, D.J.; WENTWORTH, T.R.; KLEPZIG, K.D. 2008. Resin flow responses to fertilization, wounding and fungal inoculation in loblolly pine (*Pinus taeda*) in North Carolina. *Tree Physiol* 28: 847-53

LOMBARDERO, M.J.; AYRES, M.P.; LORIO, P.L.; RUEL, J.J. 2000. Environmental effects on constitutive and inducible resin defences of *Pinus taeda*. *Ecol Letters* 3 (4):329-339

LOMBARDERO, M.J.; AYRES, M.P.; AYRES, B.D. 2006. Effects of fire and mechanical wounding on *Pinus resinosa* resin defenses, beetle attacks, and pathogens. *For Ecol Manag* 225: 349-358

MADRIGAL OLMO, J.; CARRILLO GARCÍA, C.; GUIJARRO GUZMÁN, M.; DÍEZ GALILEA, C.; ESPINOSA PRIETO, J.; HERNANDO LARA, C. 2017. Evaluación de las poblaciones de escolítidos en parcelas experimentales sometidas a quemas prescritas en masas de *Pinus pinaster* de la provincial de Soria. 7º Congreso Forestal Español. 26-30 de junio de 2017. Plasencia. Sociedad Española de Ciencias Forestales

PERRAKIS, D. D.; AGEE, J. K.; EGLITIS, A, 2011. Effects of prescribed burning on mortality and resin defenses in old growth ponderosa pine (Crater Lake, Oregon): Four years of post-fire monitoring. *Nat Area J* 31(1): 14-25

PINILLOS, F. 2014, La resina: una nueva oportunidad. *Forestal* N°62, 24-26

PYNE, S.J.; ANDREWS, P. L.; LAVEN, R. D. 1996. Introduction to wildland fire. No. Ed. 2. John Wiley and Sons

RODRÍGUEZ-GARCÍA, A.; MADRIGAL, J.; GIL, L.; GUIJARRO, M.; HERNANDO C. 2017. Influencia en la anatomía del xilema y en la producción de resina del uso de quemas prescritas en montes con aprovechamiento resinero. 7º Congreso Forestal Español. 26-30 de junio de 2017. Plasencia, Sociedad Española de Ciencias Forestales

RODRÍGUEZ-GARCÍA, A.; MADRIGAL, J.; GUIJARRO, M.; GONZÁLEZ, D.; HERNANDO, C. 2018. Can prescribed burning improve resin yield in a tapped *Pinus pinaster* stand? *Ind Crops Prod* 124: 91-98

RUEL, J.J.; AYRES, M.P.; LORIO, J.R.; P,L. 1998. Loblolly pine responds to mechanical wounding with increased resin flow. *Can J For Res* 28(4): 596-602

SANDE SILVA, J.; REGO, F.; FERNANDES, P.; RIGOLOT, E. 2010. Towards integrated fire management, Outcomes of the European Project Fire Paradox. EFI report 23. 228 pp

VÉLEZ, R. (COORD.) 2009. La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias, McGraw-Hill. Madrid. 841 pp.