

# RESULTADOS PRELIMINARES DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS POST-INCENDIO RELACIONADOS CON LA MADERA QUEMADA SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTONES DE *JUNIPERUS COMMUNIS* L. EN LA ALTA MONTAÑA MEDITERRÁNEA

Jorge Castro Gutiérrez<sup>1</sup>, Ángela Sánchez-Miranda Moreno<sup>1</sup>, Juan Lorite Moreno<sup>2</sup> y Regino Zamora Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, 18071-GRANADA (España)

<sup>2</sup>Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 18071-GRANADA (España)

## Resumen

Los enebrales de *Juniperus communis* de la alta montaña mediterránea presentan serios problemas de regeneración. En septiembre de 2005 se produjo un incendio forestal en el Parque Nacional de Sierra Nevada que afectó a una amplia zona de repoblaciones de coníferas, parte de ellas localizadas en el dominio potencial de *J. communis*. En el área afectada se realizó una plantación de *J. communis* bajo distintos tratamientos de manejo de la madera quemada, desde la no intervención hasta la extracción de troncos y astillado de ramas (procedimiento habitual). En una revisión de supervivencia realizada tras los meses de máxima sequía estival (1 de septiembre 2007) los mayores porcentajes de supervivencia se registraron bajo ramas dejadas *in situ* (58%), mientras que las zonas tratadas mediante el procedimiento habitual registraron los valores más bajos de supervivencia (21%). Esto puede deberse a una mejora microclimática, ya que bajo las ramas se registró mayor humedad del suelo y una reducción moderada de la radiación incidente. Los resultados sugieren así que el uso del ramaje como elemento protector puede facilitar la regeneración de los enebrales, aportando los beneficios de la reducción del estrés hídrico al tiempo que minimiza los posibles efectos antagónicos de la competencia por nutrientes al no existir sistema radicular en la parte facilitadora. Resultados como los que aquí se presentan cuestionan la práctica de la extracción de la madera tras incendios forestales, más aún teniendo en cuenta que en muchos casos la extracción de la madera supone un coste adicional en los trabajos de restauración post-incendio en la montaña mediterránea.

Palabras clave: *Enebrales de alta montaña, Facilitación, Restauración forestal, Sequía estival*

## INTRODUCCIÓN

Tras los incendios forestales los trabajos selvícolas más usuales relacionados con la madera quemada consisten en la corta de los árboles quemados, desramado y retirada de los troncos,

y posterior astillado de los restos dejados *in situ* (BAUTISTA et al., 2004). Existe sin embargo una intensa polémica sobre la idoneidad de esta práctica forestal (MCIVER & STARR, 2000; BESCHTA et al., 2004; BAUTISTA et al., 2004; DONATO et al., 2006). A pesar de que la extrac-

ción de la madera ofrece ventajas para el manejo posterior de la zona afectada, la retirada de los restos quemados puede suponer un aumento de la escorrentía y erosión del suelo, una disminución de la biodiversidad de las comunidades de plantas y animales, e incluso un retraso en el reclutamiento y regeneración de la masa forestal (DONATO et al., 2006; ver revisiones en MCIVER & STARR, 2000; BAUTISTA et al., 2004; BESCHTA et al., 2004). Por el contrario, los restos de madera dejados *in situ* pueden potencialmente favorecer la regeneración de la comunidad al actuar como perchas para dispersantes o proteger a plántulas y rebrotes de la herbivoría (MCIVER & STARR, 2000; RIPPLE & LARSEN, 2001). Los restos de madera quemada pueden igualmente mejorar las condiciones microclimáticas para los nuevos reclutas (BAUTISTA et al., 2004), lo que podría utilizarse como elemento protector contra la sequía estival en las tareas de reforestación. Sin embargo, no existe hasta la fecha suficiente información contrastada sobre el posible beneficio de árboles quemados y restos de ramas para el establecimiento de plantaciones en repoblaciones forestales.

Los enebrales de la alta montaña mediterránea constituyen ecosistemas singulares que presentan serios problemas de regeneración (GARCÍA et al., 1999), siendo la sequía estival el principal factor que limita el reclutamiento de nuevos individuos (GARCÍA, 2001). En muchos enclaves se da además la circunstancia de que el área potencial del enebral está ocupada por pinares de repoblación, como es el caso de Sierra Nevada. En este trabajo analizamos el efecto de tres tratamientos selvícolas post-incendio relacionados con el manejo de la madera quemada sobre el establecimiento de plantones del enebro de alta montaña (*J. communis*). El estudio se enmarca en un proyecto de investigación más amplio en el que se pretende evaluar el efecto de estos tratamientos sobre la regeneración forestal, tanto natural como a través de repoblaciones forestales. El trabajo se lleva a cabo en el Parque Natural y Parque Nacional de Sierra Nevada, en un área de pinares de repoblación que ardieron en un incendio ocurrido en Septiembre de 2005 (unas 1.500 hectáreas de pinares afectados). Para ello se han establecido a lo largo de un gradiente altitudinal cuatro parcelas de aproxima-

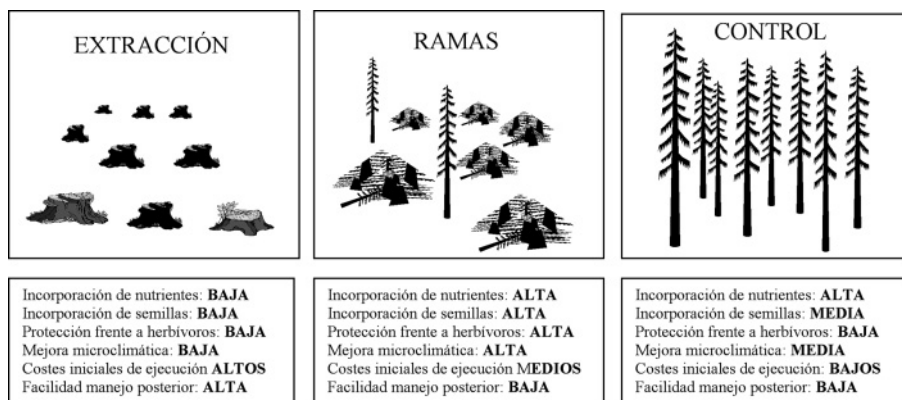
damente 25 hectáreas cada una, dentro de las cuales se disponen tres réplicas de tres tratamientos selvícolas post-incendio que difieren en el grado de intervención, siendo éstos:

- 1) “Control”, árboles dejados en pie (sin intervención).
- 2) “Extracción”, corte de todos los árboles, retirada de troncos, y ramas trituradas.
- 3) “Ramas”, corte y desramado del 90% de los árboles, dejando los restos esparcidos por el suelo y sin extracción alguna de madera.

El tratamiento Control responde a una actuación mínima y, por tanto, con mínimo coste. El tratamiento Extracción responde a una práctica común por las administraciones tras los incendios forestales. Para el tratamiento Ramas, la decisión de dejar las ramas y troncos *in situ* se fundamenta en el hecho de que estas estructuras pueden mejorar el reclutamiento de rebrotes, plántulas y plantones, ofreciendo al mismo tiempo protección frente a los herbívoros. Una situación real de manejo tras incendio puede contemplar una combinación de estos tratamientos. El objetivo global del proyecto es evaluar la viabilidad técnica y económica de los distintos tratamientos con objeto de determinar modelos de gestión que optimicen la capacidad de regeneración de áreas incendiadas (Figura 1).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en las dos parcelas situadas a mayor altitud de las que se han establecido para el desarrollo del proyecto de investigación, dado que son las que se localizan en el área potencial del enebral en Sierra Nevada. La primera de dichas parcelas se encuentra a una altitud (punto central de la parcela) de 1900 m (cota inferior, en adelante), mientras que la otra parcela se sitúa en torno a los 2200 m (cota superior, en adelante). A comienzos de abril de 2007 se plantaron 75 plantones de *J. communis* en una única réplica de cada tratamiento en cada una de las cotas altitudinales (75 plantas x 3 tratamientos x 2 parcelas; 450 plantas en total). Los plantones de enebro (altura media en el momento de plantación en torno a 120 mm) procedían de estaquillas recolectadas en Sierra Nevada y sembradas



**Figura 1.** Esquema conceptual que resume las principales hipótesis de trabajo del proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo. Se pretende evaluar la viabilidad técnica y económica de distintas alternativas de manejo de la madera quemada con objeto de optimizar el modelo de gestión. El análisis de las variables ecológicas se complementa con el análisis de los costes de ejecución, tanto iniciales como costes posteriores derivados de actuaciones forestales necesarias para la regeneración de la vegetación

en diciembre de 2004, mantenidas en condiciones de vivero (altitud de 1900 m) hasta el comienzo del experimento.

A principios de junio de 2007 se realizó una revisión de las plantas para descartar del experimento aquellas que murieron por estrés al ser trasplantadas (2% de los plantones). Posteriormente se muestreó la supervivencia de los plantones el 1 de septiembre (una vez concluidos los meses de máxima sequía estival) y el 10 de octubre (una vez que se habían registrado lluvias abundantes). A finales de septiembre y comienzos de octubre se registraron en la zona fuertes tormentas de lluvia y granizo que afectaron negativamente a la plantación (ver abajo). Durante las revisiones de supervivencia se prestó atención a la herbivoría por ungulados, pero no se registró ningún caso.

Durante el periodo de muestreo se registraron para una de las parcelas de estudio diversas variables abióticas que pueden afectar a la supervivencia de las plantas. La temperatura del suelo a 3 cm de profundidad se midió entre el 13 y el 18 de julio con sensores HOBO H8 (Onset Computer Corporation, Massachusetts, USA), usando 6 sensores por tratamiento (seis medidas por hora para cada punto). La radiación PAR incidente a 50 cm del suelo entre las 8,00 y las 16,00 horas (hora solar) se muestreó el 17 de Julio con un cepatómetro (EMS7 canopy transmission meter, PP-system. U.K.); para cada hora, se realizaron

ciclos de 25 medidas por tratamiento en puntos elegidos al azar. La humedad del suelo entre 0 y 5 cm de profundidad se muestreó el 8 de Agosto mediante método gravimétrico (12 muestras por tratamiento). Los resultados de todas las variables se expresan como medias  $\pm$  IES.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, las variables abióticas medidas difirieron entre tratamientos. La humedad del suelo alcanzó los máximos valores en el tratamiento Ramas ( $4,2 \pm 1,2\%$ ), seguido del tratamiento Control ( $2,3 \pm 0,1$ ) y del tratamiento Extracción ( $1,5 \pm 0,1$ ; diferencias significativas entre tratamientos;  $P=0,0404$ , ANOVA de 1 vía). La radiación alcanzó los máximos valores en el tratamiento Extracción ( $1220,5 \pm 18,8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), seguido de Control ( $882,1 \pm 19,5$ ) y Ramas ( $821,3 \pm 16,1$ ; diferencias significativas entre tratamientos;  $P<0,001$ , ANOVA de 1 vía). No hubo sin embargo diferencias entre tratamientos en la temperatura del suelo a 3 cm de profundidad, si bien en muestreos relacionados con otros experimentos en curso muestran menores valores de temperatura en Ramas (datos no publicados). Todo esto contribuye a reducir la evaporación del agua del suelo y el estrés hídrico de los plantones (GÓMEZ-APARICIO et al., 2004). En conjunto, podemos

concluir que el ramaje proporcionado por la presencia de restos de madera mejoró las condiciones microclimáticas para el establecimiento de los plantones, en particular en el caso del tratamiento Ramas.

La supervivencia de los plantones en el muestreo realizado el 1 de septiembre difirió entre tratamientos ( $\chi^2 \geq 24,34$ ;  $P < 0,0001$  para ambas cotas altitudinales), siendo máxima en el tratamiento Ramas (Tabla 1). La causa de mortalidad fue la sequía estival en todos los casos, atendiendo al aspecto seco que presentaban las plantas. Los mayores valores de supervivencia en el tratamiento Ramas pueden deberse a la mejora microclimática proporcionada por el ramaje. De hecho, el uso de matorrales como elementos facilitadores que incrementan la supervivencia de los plantones en la montaña mediterránea se ha puesto de manifiesto en numerosos casos (e.g. CASTRO et al., 2004a, 2006; GÓMEZ-APARICIO et al., 2004). Diversos estudios muestran que la sombra proporcionada por el ramaje de los matorrales o por estructuras artificiales es el principal mecanismo que genera el proceso de facilitación en los ecosistemas mediterráneos (CALLAWAY, 1992; REY-BENAYAS et al., 2005; GÓMEZ-APARICIO et al., 2005). En este sentido, el uso de ramaje como elemento protector ante la sequía estival (e incluso ante la herbivoría en caso de haberla) aporta los beneficios de la reducción del estrés hídrico al tiempo que minimiza los posibles efectos antagónicos de la competencia por nutrientes al no existir sistema radicular en la parte facilitadora. En cualquier caso, no podemos descartar otros bene-

ficios potenciales del ramaje para el establecimiento de los plantones, como una posible mayor tasa de incorporación de nutrientes al suelo (WEI et al., 1997; BROWN et al., 2003). Esto podría explicar el éxito de establecimiento del tratamiento Ramas frente al Control (Tabla 1): en el primer caso las tasas de descomposición de restos de madera quemada podrían ser mayores al tener mayor contacto con el suelo, lo que podría incrementar la disponibilidad de nutrientes. Análisis en curso permitirán conocer las diferencias en la disponibilidad de nutrientes entre tratamientos, si bien por el momento no es posible aportar conclusiones al respecto.

La supervivencia de los plantones tras las tormentas de otoño (revisión realizada el 10 de octubre) fue sin embargo muy baja (10,0%; todos los tratamientos en conjunto). En algunos casos la mortalidad llegó incluso al 100% (Tabla 1). La causa de muerte más probable fueron las inusualmente fuertes tormentas de granizo que se registraron en la zona a finales de septiembre y comienzos de octubre, y de hecho los plantones presentaban claros síntomas de granizada (brotes y tallos rotos; enterramiento en barro). El impacto de las granizadas y tormentas puede estar igualmente amortiguado por la presencia de una cobertura vegetal que actúe como elemento protector (CASTRO et al., 2004b). Sin embargo, en este caso la granizada pudo tener una magnitud superior a la que puedan amortiguar los restos de madera quemada, tal y como sugiere el aspecto de los plantones y el acusado descortezado de los árboles quemados que podía apreciarse tras las tormentas.

Muestreo	Tratamiento de la madera	Parcela	
		Cota inferior	Cota superior
01/09/2007	Control	12,0	29,2
	Extracción	41,1	32,4
	Ramas	53,3	65,3
10/10/2007	Control	0,0	9,7
	Extracción	15,1	14,1
	Ramas	2,6	18,7

**Tabla 1.** Porcentaje de supervivencia de los plantones de *Juniperus communis* durante la primera estación de crecimiento tras la plantación en a) tras los meses de máxima sequía estival (muestreo del 1 de septiembre de 2007), y b) tras las primeras tormentas de otoño (muestreo de 10 de octubre de 2007). El tratamiento control corresponde a la no intervención. El tratamiento Extracción corresponde a la corta y saca de los troncos, con astillado de ramas (tratamiento habitual en los trabajos selvícolas post-incendio). El tratamiento Ramas corresponde a la corta y desramado de la mayoría de los árboles, dejando los restos de madera in situ

En resumen, los resultados sugieren que las ramas y troncos quemados dejados *in situ* pueden mejorar el establecimiento de los plantones de *J. communis* al actuar como elementos protectores que mejoran las condiciones microclimáticas. A pesar de que un evento meteorológico extremo dificulta el seguimiento del experimento a más largo plazo, los datos registrados tras los meses más intensos de sequía estival muestran valores de supervivencia muy superiores bajo ramas respecto al tratamiento tradicional de extracción de la madera. Por otra parte, el patrón de supervivencia para plantones en repoblaciones forestales queda fundamentalmente fijado tras el primer verano (CASTRO *et al.*, 2004a, 2006), lo que apoya el potencial efecto facilitador de ramas y troncos dejados *in situ*. Resultados como los que aquí se presentan cuestionan la práctica de la extracción de la madera tras incendios forestales (ver también McIVER & STARR, 2000; BESCHTA *et al.*, 2004; BAUTISTA *et al.*, 2004; DONATO *et al.*, 2006), más aún teniendo en cuenta que en muchos casos de la montaña mediterránea la extracción de la madera supone un coste adicional en los trabajos de restauración post-incendio.

### Agradecimientos

Inmaculada García-Quirós, Enrique Pérez-Cañete, Mercedes Molina-Morales y Pedro Sañudo ayudaron a los trabajos de campo. Las plantas de enebro fueron proporcionadas por Lea Gálvez. Estamos especialmente agradecidos a la Dirección del Parque Nacional de Sierra Nevada y a la dirección de la Empresa de Gestión Medio Ambiental (EGMASA) por el establecimiento de las parcelas de estudio y el apoyo mostrado en todo momento. Rafael Villar nos facilitó el uso del ceptómetro. Este trabajo está siendo financiado por un Proyecto del Organismo Autónomo de Parque Nacionales (MMA) dirigido por J.C.

### BIBLIOGRAFÍA

BAUTISTA, S.; GIMENO, T.; MAYOR, A.G. & GALLEGO, D.; 2004. Los tratamientos de la madera quemada tras los incendios foresta-

les. En: V.R. Vallejo y J.A. Alloza (eds.) *La gestión del bosque mediterráneo*: 547-570. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Valencia.

- BESCHTA, R.L.; RHODES, J.J.; KAUFFMAN, B.; GRESSWELL, R.E.; MINSHALL, W.; KARR, J.R.; PERRY, D.A.; HAUER, F.R. & FRISSELL, C.A.; 2004. Post-fire management on forested public lands of the Western United States. *Cons. Biol.* 18: 957-967.
- BROWN, J.K.; REINHARDT, E.D. & KRAMER, K.A.; 2003. *Coarse woody debris: managing benefits and fire hazard in the recovering forest*. USDA Technical Report RMRS-GTR-105.
- CALLAWAY, R.M.; 1992. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118-2128.
- CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, J.M. & GÓMEZ-APARICIO, J.M.; 2004a. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Restor. Ecol.* 12: 352-358.
- CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A. & GÓMEZ, J.M.; 2004b. Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habitat. *J. Ecol.* 92: 266-277.
- CASTRO, J.; ZAMORA, R. & HÓDAR, J.A.; 2006. Restoring *Quercus pyrenaica* forests using pioneer shrubs as nurse plants. *Appl. Veg. Sci.* 9: 137-142.
- 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.
- GARCÍA, D. 2001. Effects of seed dispersal on *Juniperus communis* recruitment on a Mediterranean mountain. *J. Veg. Sci.* 12: 839-848.
- GARCÍA, D.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A. & GÓMEZ, J.M.; 1999. Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian Peninsula: conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biol. Cons.* 87: 215-220.
- GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A.; CASTRO, J. & BARAZA,

- E.; 2004. Applying plant positive interactions to reforestation in Mediterranean mountains: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol. Appl.* 14: 1128-1138.
- GÓMEZ-APARICIO, L.; GÓMEZ, J.M.; ZAMORA, R. & BOETTINGER, J.L.; 2005. Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *J. Veg. Sci.* 16: 191-198.
- MCIVER, J.D. & STARR, L.; 2000. *Environmental effects of post-fire logging: literature review and annotated bibliography*. USDA Technical Report PNW-GTR-486.
- REY-BENAYAS, J.M.; NAVARRO, J.; ESPIGARES, T.; NICOLAU, J.M. & ZAVALA, M.A.; 2005. Effect of artificial shading and weed mowing in reforestation of Mediterranean abandoned cropland with contrasting *Quercus* species. *Forest Ecol. Manage.* 212: 302-314.
- RIPPLE, W.J. & LARSEN, E.J.; 2001. The role of post-fire coarse woody debris in aspen regeneration. *Western J. Appl. For.* 16: 61-64.
- WEI, X.; KIMMINS, J.P.; PEEL, K. & STEEN, O.; 1997. Mass and nutrients in woody debris in harvested and wildfire-killed lodgepole pine forests in the central interior of British Columbia. *Can. J. For. Res.* 27: 148-155.