

USO DE MATORRALES COMO PLANTAS NODRIZA EN AMBIENTES MEDITERRÁNEOS: EVALUACIÓN DE UNA NUEVA TÉCNICA DE REPOBLACIÓN FORESTAL

Use of shrubs as nurse plans in mediterranean environments: evaluation of a new technique for reforestation

J. Castro, R. Zamora, L. Gómez, J.M. Gómez, J.A. Hodar y E. Baraza

Grupo de Ecología Terrestre, Departamento de Biología Animal y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. 18071-GRANADA (España). Correo electrónico: jorge@ugr.es

Resumen

Los matorrales suelen considerarse como una fuente de competencia con los plantones sembrados, por lo que en las repoblaciones forestales que se llevan a cabo en España son generalmente eliminados antes de la siembra. Sin embargo, numerosos estudios indican que en los ambientes mediterráneos los matorrales pueden proteger a los plantones de la desecación, incrementando su supervivencia. Desde esta perspectiva, durante el período 1997-2003 llevamos a cabo repoblaciones experimentales en la provincia de Granada, considerando un amplio gradiente de condiciones ambientales, de especies repobladas y de matorrales nodriza, con objeto de evaluar la plantación bajo la copa de matorrales como una técnica alternativa de repoblación que mejore las técnicas convencionales. Los resultados obtenidos muestran que la técnica es viable, incrementando considerablemente la supervivencia de los plantones (hasta 6,2 veces respecto a las técnicas convencionales) sin reducir su crecimiento. La técnica ofrece además ventajas ecológicas y económicas respecto a las metodologías convencionales, por lo que proponemos que debe usarse extensivamente en las repoblaciones forestales realizadas en la España mediterránea.

Palabras clave: *Ecosistemas mediterráneos, Facilitación, Reforestación, Restauración forestal*

Abstract

Common techniques currently used for reforestation in Spain consider the pre-existing vegetation (mainly shrubs) as a source of competition for trees, and consequently it is generally eliminated before planting. Nevertheless, it has been demonstrated that woody plants can facilitate the establishment of understory seedlings in environments that, like the Mediterranean area, are characterized by a pronounced dry season. In this study, we experimentally analyze the usefulness of shrubs as nurse plants for reforestation considering a broad gradient of environmental conditions, such as altitude, aspect, annual rainfall, nurse plant and target species. Seedling survival was boosted under the canopy of shrubs in relation to a traditional reforestation technique, while seedling growth was not hampered. The results show therefore that the use of shrubs as nurse plants is a viable technique for reforestation in Mediterranean environments, which in addition offers both economic and ecologic advantages.

Key words: *Afforestation, Facilitation, Forest restoration, Mediterranean ecosystems, Restoration*

INTRODUCCIÓN

Las repoblaciones forestales son una actividad esencial en la gestión del monte y suponen una de las principales partidas presupuestarias de las administraciones públicas implicadas. Sin embargo, a pesar de su relevancia y de los medios invertidos, las reforestaciones que se realizan en España sufren numerosas marras como consecuencia fundamentalmente de la sequía estival (GARCÍA-SALMERÓN, 1995; ZAMORA et al., 2001, CASTRO et al., 2002). Para combatir este problema se han empleado diversas técnicas con objeto de incrementar la supervivencia de los plantones, tales como la apertura de hoyos de siembra de gran volumen con maquinaria pesada, construcción de microcuencas, utilización de geles en la zona radicular, uso de protectores individuales, etc. (GARCÍA-SALMERÓN, 1995). No obstante, la utilización de cualquiera de estas técnicas incrementa considerablemente el coste de la repoblación, y en numerosas ocasiones son impracticables dada la orografía del terreno. Muchas de ellas tienen, además, un acusado impacto en el ecosistema, lo que limita su empleo en áreas donde la conservación es prioritaria. La búsqueda de alternativas de reforestación que garanticen la supervivencia de los plantones con bajo costo y con bajo impacto ambiental es por tanto necesaria para una adecuada gestión de los medios forestales (ZAMORA et al., 1999, 2001).

Tradicionalmente, en los trabajos de repoblación realizados en España, así como en los manuales al uso, se ha considerado a la vegetación arbustiva existente en la zona como una fuente de competencia con el plantón sembrado, por lo que antes de la siembra se procede a su eliminación (GARCÍA-SALMERÓN, 1995; PEMÁN y NAVARRO, 1998). Esta aproximación está en gran medida basada en la utilización de modelos forestales desarrollados en centro Europa (BAUER, 1991), donde la densa capa de vegetación actúa de hecho como un competidor con la planta sembrada. Sin embargo, un creciente número de evidencias experimentales indican que la proximidad entre plantas puede ser beneficiosa en ambientes dominados por estrés ambiental tales como los mediterráneos (CASTRO et al., 2002; GÓMEZ et al., en prensa).

En estas condiciones, la supervivencia de plántulas y plantones situados bajo la copa de un matorral pueden aumentar gracias al incremento de la humedad del suelo, disminución de la elevada radiación durante el verano, y la menor temperatura de aire y suelo, lo que en definitiva mejora el estatus hídrico de la planta (MAESTRE et al., 2001; CASTRO et al., 2002). De acuerdo con esto, la eliminación de la cubierta arbustiva en las repoblaciones forestales no parece procedente, a pesar de haberse realizado durante décadas. Al contrario, el uso de matorrales como plantas nodriza que aumenten la tasa de supervivencia de los plantones podría plantearse como una técnica de reforestación que reduzca marras, costos, e impacto en el ecosistema.

El grupo de Ecología Terrestre de la Universidad de Granada, en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA), ha llevado a cabo durante el período 1997-2003 el seguimiento de un elevado número de repoblaciones experimentales con objeto de evaluar la efectividad de los matorrales como plantas nodriza como una técnica alternativa de reforestación en la región mediterránea. Para ello se ha considerado una amplia gama de condiciones ambientales, que incluyen altitud, orientación, pluviometría del año, especie repoblada y especie de matorral utilizada como nodriza. En este trabajo resumimos los datos obtenidos hasta el momento y evaluamos la idoneidad de la nueva técnica propuesta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las repoblaciones se llevaron a cabo en la provincia de Granada y comprendieron el seguimiento de ~18000 plantones, repartidos en 36 parcelas experimentales de aproximadamente 1 Ha., distribuidas a lo largo de un amplio gradiente altitudinal (465-2000 m s.n.m.) en exposiciones de solana y umbría. En todos los casos los tratamientos experimentales incluyeron la siembra de los plantones según la técnica habitual en la zona, que consistió en la apertura del hoyo de plantación con ahoyadora mecánica. El hoyo se realizaba en áreas de suelo desprovisto de vegetación o con escasa vegetación herbácea,

coincidiendo generalmente con terrazas de antiguas repoblaciones. Tras la siembra se practicaba una bina alrededor del plantón eliminando herbáceas y allanando el terreno para crear una parata de ~0,5 m². Este modo convencional de siembra se ha considerado como tratamiento control frente al que se ha comparado la técnica alternativa, que consistió en la siembra de los plantones al amparo de la cubierta de matorrales usados como nodriza (ver tabla 1 para relación de especies repobladas y especies nodriza utilizadas). En tal caso no se practicó ninguna labor adicional alrededor del plantón. Las especies de matorrales usadas como nodrizas y las especies repobladas variaron según la parcela de estudio, dado que el amplio gradiente ambiental considerado no permite la existencia de todas ellas en todas las localidades de plantación.

Las plantaciones se realizaron en todos los casos al final del invierno. En Junio del primer verano, antes del inicio de la sequía estival, los plantones se revisaron, eliminando aquellos que no habían agarrado (~5%). A partir de ese momento los plantones se revisaron al final del verano y del invierno durante el período de muestreo, anotando estado (vivo o muerto), causa de muerte, y crecimiento (longitud del brote apical) (ver GÓMEZ et al., 2001; GÓMEZ et al., en prensa; CASTRO et al., 2002 para más detalles).

Análisis de datos

La supervivencia de los plantones de *P. sylvestris* y *P. nigra* sembrados en 1997 y la de los plantones de *Q. pyrenaica* sembrados en 1998 se analizó tras cuatro y seis años de estudio, respectivamente, mediante un análisis de supervivencia, usando un modelo semiparamétrico de Cox (FOX, 2001). El crecimiento de los plantones se analizó mediante ANOVA (ver CASTRO et al., en prensa, para detalles).

La supervivencia de los plantones sembrados en 2000 y 2001 se analizó tras la primera estación de crecimiento (añadiendo además la supervivencia tras el primer verano de los plantones sembrados en 1997 y 1998) mediante un meta-análisis (modelo mixto; GUREVITCH & HEDGES, 2001). Hubo un total de 146 combinaciones de plantas nodriza y plantas repobladas en el conjunto de todas las parcelas de estudio (casos experimentales, en adelante). Los datos de supervivencia se sintetizaron mediante el cálculo del

“Relative Neighbour Effect” (efecto relativo del vecino) para cada caso experimental (ver GÓMEZ et al., 2004). El conjunto de variables analizadas con el meta-análisis se clasificó en cinco grupos: 1) Especie repoblada, que se reagrupó en cuatro grupos funcionales (tabla 1); 2) Especie de arbusto usada como planta nodriza, que se clasificó igualmente en cuatro grupos funcionales (tabla 1); 3) Altitud, baja (parcelas de estudio entre 465 y 1500 m s.n.m.) y alta (1500-2000 m); 4) Orientación, solana o umbría; y 5) Año, que se dividió en lluvioso (1997) y seco (2000 y 2001) (ver GÓMEZ et al., 2004)

Especie repoblada	
Especie	Grupo funcional
<i>P. sylvestris</i> var. <i>nevadensis</i>	Pinos de montaña
<i>P. nigra</i> ssp. <i>salzmannii</i>	
<i>Q. ilex</i>	Mediterráneas perennes
<i>P. halepensis</i>	
<i>A. opalus</i> ssp. <i>granatense</i>	Caducifolios
<i>Q. pyrenaica</i>	
<i>Q. faginea</i>	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	
<i>Rhamnus alaternus</i>	Arbustos
<i>Crataegus monogyna</i>	
<i>Retama sphaerocarpa</i>	

Matorral usado como nodriza		
Especie	Grupo funcional	
<i>Salvia lavandulifolia</i>	Matas	
<i>Rosmarinus officinalis</i>		
<i>Santolina canescens</i>		
<i>Thymus vulgaris</i>		
<i>Thymus mastichina</i>		
<i>Artemisia campestris</i>		
<i>Festuca</i> sp.		
<i>Prunus ramburii</i>		Matorral caducifolio
<i>Crataegus monogyna</i>		
<i>Berberis hispanica</i>		
<i>Ulex parviflorus</i>	Leguminosas	
<i>Genista umbellata</i>		
<i>Adenocarpus decorticans</i>		
<i>Ononis aragonensis</i>		
<i>Genista versicolor</i>		
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistáceas	
<i>Cistus albidus</i>		

Tabla 1. Plantas nodriza y especies repobladas usadas en todo el conjunto de localidades de estudio.
P. = *Pinus*; Q. = *Quercus*; A. = *Acer*.

RESULTADOS

Supervivencia de plantones

Los plantones sembrados al amparo de los matorrales sobrevivieron en un porcentaje muy superior al de los plantones sembrados según la técnica convencional. Para el experimento iniciado en 1997 hubo diferencias significativas entre tratamientos para las dos especies (L-R $\chi^2=50,27$ para *P. sylvestris* y $67,85$ para *P. nigra*; g.l.=1 en ambos casos, $P<0,0001$). La mayor supervivencia se registró bajo *Salvia lavandulifolia*, con valores 2,6 veces superiores al cabo de cuatro años para los plantones sembrados según la técnica convencional en el caso de *P. sylvestris*, y 1,8 veces en el caso de *P. nigra* (figura 1). Para el experimento iniciado en 1998, la supervivencia de *Q. pyrenaica* bajo al copa de *Salvia lavandulifolia* fue 6,2 veces superior que la obtenida según la técnica convencional (L-R $\chi^2= 37,98$, g.l.=1, $P<0,0001$; figura 1). El primer verano tras la plantación fue el período más crítico para el establecimiento (figura 1). La sequía estival fue la causa principal de mortalidad, produciendo aproximadamente el 90% de las muertes, mientras que el resto fue debido a la congelación del suelo durante el invierno.

Para el conjunto de parcelas experimentales analizadas con meta-análisis, la supervivencia de los plantones tras el primer verano fue mayor bajo la cubierta de matorrales en el 74,6% de los casos. En un 5,5% de los casos no hubo efecto de los matorrales, y sólo en el 19,9% de los 146 casos experimentales hubo un efecto negativo de los matorrales. El efecto de los matorrales difirió dependiendo de la especie repoblada ($Q_B=49,56$, g.l.=3, $p<0,0001$). El mayor efecto se dio para el grupo de los arbustos ($d_+=1,71$), seguido de mediterráneas perennes ($d_+=1,21$) y caducifolios ($d_+=0,86$). La supervivencia de los plantones también dependió de la planta nodriza. El efecto varió desde un elevado incremento de la supervivencia bajo leguminosas y matas ($d_+=1,74$ y $d_+=0,98$, respectivamente), hasta un efecto negativo de las cistáceas ($d_+=-1,52$), único grupo que no favoreció la supervivencia de los plantones. En cuanto a los gradientes ambientales, la facilitación por los matorrales fue mayor a baja altitud

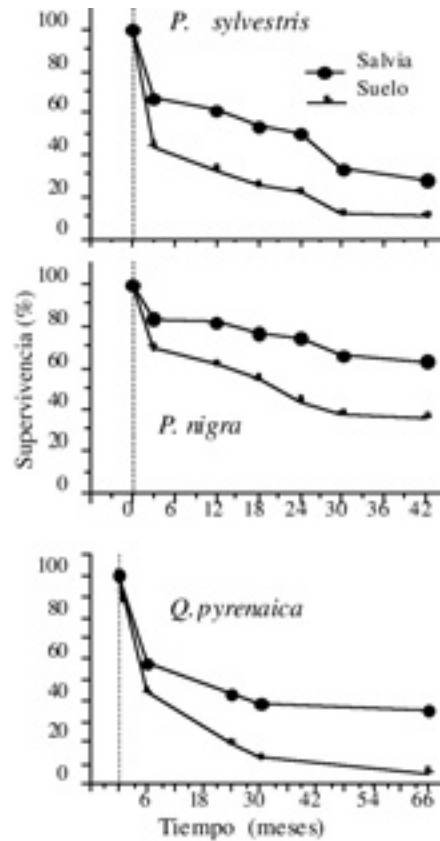


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de los plantones de *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y *Q. pyrenaica* bajo matorral (*Salvia*) frente a la técnica tradicional (Suelo) a lo largo del período de muestreo (cuatro años para *P. sylvestris* y *P. nigra*; seis años para *Q. pyrenaica*)

($d_+=1,90$) que en cotas altas ($d_+=0,80$), mayor en la solana ($d_+=1,52$) que en la umbría ($d_+=0,90$), y mayor en los años secos que en el año lluvioso. La sequía estival fue la causa de muerte en el 98% de los casos.

Crecimiento de plantones

Los plantones sembrados al amparo de los matorrales crecieron tanto o más que los sembrados según la técnica convencional. Para los plantones de *P. sylvestris* y *P. nigra* no hubo diferencias significativas entre tratamientos al cabo de cuatro años. Los plantones de *Q. pyrenaica* sembrados bajo *Salvia lavandulifolia* crecieron el doble que los sembrados según la técnica con-

vencional al cabo de seis años. El meta-análisis muestra un mayor crecimiento bajo matorral para el conjunto de datos ($d_{+}=0,27$). El efecto de los matorrales fue significativamente mayor a baja ($d_{+}=0,37$) que a alta altitud ($d_{+}=0,27$), en solana ($d_{+}=0,29$) que en umbría ($d_{+}=0,27$), y en los años secos (2000, $d_{+}=0,34$; 2001, $d_{+}=0,43$) que en el año lluvioso ($d_{+}=-0,03$).

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el uso de matorrales como plantas nodriza incrementó considerablemente la supervivencia de los plantones en relación con la técnica convencional, al tiempo que no disminuyó (e incluso favoreció) su crecimiento. Tras el primer verano, el período más crítico para la supervivencia de los plantones repoblados, la técnica alternativa propuesta incrementó la supervivencia en la mayoría de los casos experimentales, valores que ascendieron incluso a 6,2 veces tras seis años de estudio. El incremento de la supervivencia se obtuvo además para un amplio rango de condiciones ambientales, de especies nodriza, y de especies repobladas, lo que indica que la técnica propuesta puede usarse extensivamente en las repoblaciones forestales realizadas en el sureste peninsular. Además, las ventajas de la técnica aumentan según aumenta el estrés ambiental, siendo proporcionalmente más relevante en cotas bajas y en años secos, lo que enfatiza su potencialidad dada la irregularidad de precipitaciones en la región. El efecto facilitador se debió probablemente a la mejora del estado hídrico de las plantas como consecuencia de la sombra proporcionada por los matorrales, que incrementaron la humedad del suelo y la humedad relativa del aire, y disminuyeron la temperatura del suelo y del aire (GÓMEZ *et al.*, 2001; CASTRO *et al.*, 2002).

El uso de matorrales como plantas nodriza surge así como una técnica de reforestación alternativa que, además de incrementar el éxito de la repoblación, presenta ventajas económicas y ecológicas respecto a otras técnicas convencionales. Desde un punto de vista económico supone un ahorro de costos ya que no requiere maquinaria sofisticada ni metodologías o trabajos adicionales para incrementar la supervivencia, reduciendo la

necesidad de reposición de marras. Desde un punto de vista ecológico, la técnica minimiza el impacto sobre el ecosistema, y de hecho imita la sucesión natural desde matorrales pioneros hasta formaciones boscosas. Se reducen por tanto los daños a la flora y fauna de la zona repoblada, así como otros riesgos comunes cuando se emplea maquinaria pesada tales como la erosión del suelo (CASTRO *et al.*, 2004). Estas ventajas pueden ser especialmente relevantes en áreas protegidas, donde la conservación de especies y ecosistemas es una prioridad.

CONCLUSIONES

El uso de matorrales como plantas nodriza en las repoblaciones forestales en ambientes mediterráneos es una técnica de reforestación que mejora la supervivencia de los plantones sin reducir su crecimiento, al tiempo que presenta ventajas económicas y ecológicas. Esta técnica puede emplearse para un amplio abanico de especies repobladas y especies de matorrales usadas como nodriza, lo que asegura su aplicabilidad general.

Agradecimientos

Agradecemos las facilidades y medios prestados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, TRAGSA, y las direcciones del Parque Natural de la Sierra de Huétor, Sierra Nevada, y Parque Nacional de Sierra Nevada. Este estudio ha sido financiado con los proyectos FEDER 1FD97-0743-CO3-02 y REN2001-4552-E del MCYT.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUER, E.; 1991. *Los montes de España en la historia*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A. & GÓMEZ, J.M.; 2002. The use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Rest. Ecol.* 10: 297-305.

- CASTRO, J.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, J.M. & GÓMEZ, L.; 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Rest. Ecol. (en prensa)*.
- FOX, G.A.; 2001. Failure-time analysis: studying times to events and rates at which events occur. In: S.M. Scheiner, J. Gurevitch (eds.), *Design and analysis of ecological experiments*: 235-266. Chapman & Hall. New York.
- GARCÍA-SALMERÓN, J.; 1995. *Manual de repoblaciones forestales II*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- GÓMEZ, L.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, J.M. & CASTRO, J.; 2001. Facilitation of tree seedlings by shrubs in Sierra Nevada (SE Spain): disentangling the mechanisms. In: K. Radoglou (ed.), *Forest research: a challenge for an integrated European approach I*: 395-400. Ed.. NAGREF. Forest Research Institute. Tesalonica.
- GÓMEZ, L.; ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A.; CASTRO, J. & BARAZA, E.; 2004. Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol. Appl.* (en prensa).
- GUREVITCH, J. & HEDGES, L.V.; 2001. Meta-analysis: combining the results of independent experiments. In: S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments*: 347-369. Oxford University Press. New York.
- MAESTRE, F.; BAUTISTA, S.; CORTINA, J. & BELLOT, J.; 2001. Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecol. Appl.* 11: 1641-1655.
- PEMÁN, J. Y NAVARRO, R.; 1998. *Repoblaciones forestales*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Lérida. Lérida.
- ZAMORA, R.; CASTRO, J.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A. Y GARCÍA, D.; 1999. Acerca de la singularidad de los ecosistemas mediterráneos. *Ecosistemas* 8: 18-22.
- ZAMORA, R.; CASTRO, J.; GÓMEZ, J.M.; GARCÍA, D.; HÓDAR, J.A.; GÓMEZ, L. Y BARAZA, E.; 2001. Papel de los matorrales en la regeneración forestal en ambientes mediterráneos: aplicaciones para la restauración. *Quercus* 187: 40-47.