

REPOBLACIONES DE *PINUS HALEPENSIS* Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS EN MEDIO SEMIÁRIDO

Pinus halepensis afforestation and ecosystem restoration under semiarid conditions

F. T. Maestre Gil ¹, J. Cortina Segarra ¹ y F. Gil Polo ²

¹ Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Ap. 99. 03080-ALICANTE (España)

² Conselleria de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana. SSTT de Alicante. ALICANTE (España)

Resumen

En la segunda mitad del siglo XX se llevaron a cabo extensas repoblaciones en el SE de la Península Ibérica utilizando casi exclusivamente el pino carrasco (*Pinus halepensis*). El objetivo de las mismas era recuperar una cierta cubierta arbórea, desaparecida como consecuencia de diferentes usos y perturbaciones. Pese a su magnitud y a la sensibilidad de estas zonas a la desertificación, hasta la fecha no disponemos de una revisión exhaustiva de las consecuencias de estas repoblaciones y una evaluación objetiva del éxito conseguido en la restauración de estos ecosistemas. Esta revisión sería muy útil para poder desarrollar una gestión adaptativa de estos ecosistemas, y con ello optimizar los recursos asignados a su restauración. En este trabajo hemos recopilado información propia y bibliográfica sobre estas cuestiones, tratando de extraer conclusiones y de identificar cuestiones aún no solucionadas.

Palabras clave: *Restauración, Pinus halepensis, Semiárido, Repoblación*

Abstract

Leppo pine (*Pinus halepensis*) has been extensively used for the afforestation in SE Spain during the second half of the XXth century. The main objectives of these plantations were to increase plant protective cover and to regulate hydrological cycles. Despite the magnitude of these interventions and the sensitivity of this area to desertification, the ecological consequences of these plantations and the degree of success in restoring ecosystem integrity has not been fully evaluated. An integrated study could be very helpful to develop an adaptive management of these areas, and to optimise resources allocation. Here we review available information on the effect of *P. halepensis* afforestation under semiarid conditions, and identify the main lacks of knowledge.

Key words: *Restoration, Pinus halepensis, Semiarid, Afforestation*

INTRODUCCIÓN

El pino carrasco (*Pinus halepensis*) es la especie forestal más abundante en la parte occidental de la cuenca mediterránea, donde ocupa unos 3,5 millones de hectáreas y domina las formaciones arbóreas en zonas secas y semiáridas. En la provincia de Alicante, los pinares de *P. halepensis* forman el 80 % de su superficie forestal arbolada. Desde el punto de vista biológico, estas repoblaciones tenían como principales objetivos la recuperación de la cubierta forestal y el control hidrológico-forestal (ESTEVE et al., 1990). Además, eran consideradas un primer paso en la restauración de la cubierta vegetal (ORTUÑO, 1990). Esta noción sucesional, suponía que la introducción de esta especie facilitaría el establecimiento, espontáneo o promovido por labores silvícolas, de otras más cercanas a la vegetación potencial, conforme su desarrollo mejorara las condiciones microclimáticas y edáficas de la zona (MONTERO Y ALCANDA, 1993). En medios semiáridos, no obstante, se consideraba que los bosques de pinos constituían la vegetación potencial, o el máximo forestal que podía conseguirse bajo estas condiciones edafoclimáticas (RUIZ DE LA TORRE, 1973).

A finales del siglo XX, a los objetivos reseñados anteriormente se unen otros, especialmente centrados en la biodiversidad, con un mayor énfasis en la recuperación de la integridad del ecosistema y no sólo en el restablecimiento de alguna de sus principales funciones. Se desarrolla el concepto de restauración ecológica (SER, 2002), y se discuten las repoblaciones en general, y las de *Pinus halepensis* en particular, desde esta nueva perspectiva (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2002). En las últimas décadas nume-

rosos estudios han analizado distintos aspectos de las consecuencias ecológicas de las repoblaciones de *P. halepensis*. No obstante, hasta la fecha no se ha llevado a cabo una evaluación integrada de las consecuencias ecológicas de esta repoblación en las zonas semiáridas mediterráneas, tarea que se pretende abordar en este trabajo.

FERTILIDAD EDÁFICA

Las comparaciones entre las propiedades del suelo bajo individuos de pino y fuera de la influencia directa de éstos en repoblaciones de 30 años de antigüedad sugieren que, incluso en medios poco productivos, los aportes de materia orgánica del pino o de la vegetación asociada, y los cambios microclimáticos permitirían un aumento del contenido de materia orgánica, de nitrógeno y del cociente C:N a medio plazo, y con ello una mejora de la fertilidad del suelo (Tabla 1). La recuperación del contenido de materia orgánica y nitrógeno total podría ser relativamente rápida. Así, no parecen haber diferencias sustanciales en los contenidos de materia orgánica y nitrógeno total en zonas semiáridas de Alicante entre repoblaciones de *P. halepensis* y matorrales esclerófilos (CORTINA et al., 2001). Aunque existen excepciones (CHAPARRO et al., 1993).

BALANCE HÍDRICO

Los estudios disponibles sugieren que las repoblaciones de *P. halepensis* tienen un efecto nulo sobre la humedad edáfica, o provocan una disminución de la misma, especialmente cuando se comparan con matorrales o formaciones her-

	Orgegia		Xirau	
	Pino	Claro	Pino	Claro
PH	8.2 ± 0.0 a	8.3 ± 0.0 a	8.4 ± 0.1 a	8.4 ± 0.1 a
Co (mg·g ⁻¹)	28.1 ± 1.5 a	22.0 ± 1.2 b	16.1 ± 1.4 a	14.2 ± 1 a
Nt (mg·g ⁻¹)	2.4 ± 0.1 a	2.0 ± 0.1 b	1.4 ± 0.1 a	1.4 ± 0.1 a
C:N	11.7 ± 0.3 a	11.2 ± 0.3 a	11.4 ± 0.4 a	10.2 ± 0.3 b

Tabla 1. Propiedades edáficas (0-20 cm) evaluadas en dos repoblaciones de *Pinus halepensis* de 30 años de edad situadas en la provincia de Alicante (Orgegia y Xirau). Los datos representan la media ± el error típico (n = 10). Pino = zona situada bajo la cubierta de *P. halepensis*, Claro = zona situada en zonas desnudas situadas entre los pinos, Co = carbono orgánico y Nt = nitrógeno total. Para cada parcela, letras distintas indican la presencia de diferencias significativas entre microambientes (P < 0.05, ANOVA de un factor). Fuente: MAESTRE et al. (2003)

báceas (BELLOT et al., 1999; 2004). Dentro de las repoblaciones, el microambiente proporcionado por los pinos no promueve un aumento de la humedad edáfica superficial (0-20 cm) durante la mayor parte del año (MAESTRE et al., 2003). El efecto negativo de las repoblaciones en la humedad edáfica puede aumentar conforme lo hace la densidad de árboles plantados, especialmente después de los principales episodios lluviosos (BELLOT et al., 2004). Estos efectos pueden deberse a la interceptación de la precipitación por parte de la copa de *P. halepensis* -en repoblaciones semiáridas, esta especie puede reducir la cantidad de agua de lluvia que llega a la superficie del suelo entre un 15 y un 35 % del total de precipitación (BELLOT et al., 1999)-, así como a las pérdidas por transpiración.

PROTECCIÓN DEL SUELO Y EXPORTACIÓN DE SEDIMENTOS

La presencia de la cubierta de pino supone una protección frente a la formación de costras físicas, gracias al follaje y a la presencia de horizontes orgánicos. Estos horizontes pueden llegar a ser muy gruesos en medios semiáridos, especialmente cuando la pedregosidad es elevada (obs. pers.). Aunque también con otro tipo de cubiertas vegetales se pueden desarrollar horizontes orgánicos consistentes (FONS, 1996). Teniendo en cuenta estas consideraciones, probablemente tanto la cubierta de pinos como la de matorrales sean suficientes para frenar la formación de costras físicas, de manera que su mayor o menor eficacia estaría relacionada con la capacidad de alcanzar un recubrimiento elevado en el mínimo tiempo.

Los estudios realizados hasta la fecha parecen sugerir que las repoblaciones de pino carrasco retienen agua y sedimentos de manera más eficaz que el suelo desnudo, pero de manera menos eficaz que otros tipos de cubierta. En una zona semiárida de Alicante, la repoblación con *P. halepensis* 40 años atrás provocó una disminución significativa de la producción de sedimentos y escorrentía en parcelas de 8 x 2 m de superficie, cuando se comparaban con zonas sin vegetación, aunque no cuando se comparaban con matorrales y espartales (CHIRINO et al., 2001).

Aumentos en las tasas de escorrentía y producción de sedimentos después de una repoblación han sido detectados también en zonas semiáridas de Murcia (CHAPARRO Y ESTEVE, 1995).

ESTABLECIMIENTO DE OTRAS ESPECIES Y COMPLEJIDAD DE LA COMUNIDAD

Al comparar el recubrimiento vegetal de repoblaciones de *P. halepensis* realizadas mediante aterrazamientos con el de matorrales testigo se aprecia un descenso significativo de la cobertura total en las laderas aterrazadas, siendo las diferencias más acusadas en las solanas que en las umbrías (CHAPARRO et al., 1993). Estas laderas aterrazadas también presentaron importantes modificaciones en la composición de la vegetación (CHAPARRO et al., 1993). Aunque probablemente estas diferencias son más una consecuencia de la preparación del terreno que de la especie utilizada en la repoblación. CHIRINO et al. (2001) no encontraron diferencias significativas en el recubrimiento total en zonas repobladas con *P. halepensis* 40 años atrás al compararlas con zonas de espartal y matorral adyacentes. No obstante, encontraron una menor riqueza de especies en las zonas repobladas.

Otra manera de evaluar el papel de los pinos en la composición de la comunidad es a través de plantaciones experimentales. Al comparar los resultados de plantaciones de coscoja (*Quercus coccifera*) realizadas a la vera de los pinos y en zonas abiertas (bajo similares condiciones macroclimáticas, edáficas y topográficas), no se encontraron diferencias significativas en la supervivencia a corto plazo. Dentro de las repoblaciones, la supervivencia de plantones de especies leñosas esclerófilas (*Rhamnus lycioides*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera* y *Ceratonia siliqua*) fue significativamente menor bajo la cubierta de *P. halepensis* que en zonas desnudas sin vegetación durante el primer año tras la plantación (MAESTRE et al., 2003). Otros estudios han evaluado el efecto de las repoblaciones sobre la vegetación existente. BELLOT et al. (2004) evaluaron los efectos de la repoblación con *P. halepensis* en la fisiología de ejemplares adultos de varias especies arbustivas

(*Quercus coccifera*, *Erica multiflora* y *Rhamnus lycioides*) que no fueron eliminadas durante los trabajos de repoblación. Durante la primavera, los potenciales hídricos, la fotosíntesis neta y la conductancia estomática de estas especies se vieron significativamente reducidos en las zonas repobladas respecto a zonas control donde no se repobló dentro de la misma zona, siendo el efecto negativo de *P. halepensis* más importante conforme aumentó su densidad.

FAUNA

Pocos estudios hasta la fecha han evaluado la influencia de las repoblaciones de *P. halepensis* en las comunidades faunísticas en zonas semiáridas. LÓPEZ & MORO (1997) evaluaron el efecto de las repoblaciones en la avifauna de zonas semiáridas de la provincia de Alicante. Estos autores encontraron que la presencia y abundancia de la mayoría de las especies estaba relacionada con las características del sotobosque, por encima de las de los pinos. Otro aspecto relevante para evaluar las repoblaciones de *P. halepensis* en medios semiáridos es su posible susceptibilidad a plagas y enfermedades. En el sector semiárido de la provincia de Alicante, la principal plaga que afecta a las repoblaciones de *Pinus halepensis* es la procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*; CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE, 2002). En comarcas como la del Bajo Segura, hasta el 67 % de las masas puede presentar niveles medios de afectación. La defoliación por esta especie no suele representar la muerte del individuo, excepción hecha de los sitios de menor calidad. Salvo en casos puntuales, los costes de tratamiento fitosanitario suelen ser relativamente bajos respecto a los de repoblación. Finalmente, según ORTUÑO (1990) sugiere que no existen evidencias de que las plagas y enfermedades hayan afectado preferentemente a las repoblaciones respecto a las poblaciones naturales.

REPOBLACIONES E INCENDIOS FORESTALES

Uno de los principales problemas ecológicos de la utilización extensiva de *P. halepensis* en las

repoblaciones forestales es el aumento de la frecuencia e intensidad de los incendios forestales. Se ha sugerido que las repoblaciones de *P. halepensis* presentan una elevada frecuencia de incendios forestales debido a su elevada inflamabilidad (VÉLEZ, 1990). Sin embargo, algunos autores sugieren que las formaciones de *P. halepensis* no tienen mayor frecuencia de incendios que otras formaciones vegetales naturales (ORTUÑO, 1990). Estas aparentes contradicciones reflejan la dificultad de aislar el efecto especie de entre los diversos factores que condicionan la probabilidad e intensidad de los incendios.

P. halepensis se considera una especie pirofítica, con producción de piñas serotinas y abundante regeneración tras el fuego (TAPIAS et al., 2001). Sin embargo, la madurez de los brinzales no se alcanza hasta cerca de los 10 años (TAPIAS et al., 2001), lo que unido a lo efímero de su banco de semillas, supone la práctica desaparición de esta especie cuando se producen incendios con una separación temporal inferior a este período.

CONSIDERACIONES FINALES

Las repoblaciones de *Pinus halepensis* han permitido un aumento de la cubierta vegetal, con la consiguiente protección del suelo. Sin embargo, este aumento conlleva a nivel local un incremento del consumo de agua. Por otra parte, las repoblaciones de esta especie parecen mostrar limitaciones a tres niveles. En primer lugar, gran parte de las poblaciones parecen estancadas, fenómeno al que no debe ser ajena la baja calidad de las estaciones repobladas y la adversidad climática de las últimas décadas. Además, bajo estas condiciones y en sitios desfavorables, los pinos serían especialmente sensibles al ataque de plagas. Finalmente, los pinos han favorecido el desarrollo de especies herbáceas, pero parece que tengan un efecto en ocasiones incluso negativo sobre la entrada de especies leñosas que forman parte de la vegetación potencial. Estas conclusiones, sin embargo, están basadas en pocos estudios. Algunos aspectos, como los relativos al balance hídrico, la biología del suelo o las dinámicas de la comunidad a medio y largo plazo, deberían ser estudiados con mayor profundidad.

Pese a lo anteriormente expuesto, se pueden adelantar algunas medidas de gestión para dar un paso más hacia la restauración de los ecosistemas semiáridos previamente repoblados con *P. halepensis*. Una intervención que permitiría aumentar la resiliencia y biodiversidad de repoblaciones de esta especie consiste en la introducción de arbustos. Especies como *Q. coccifera*, *R. lycioides* y *P. lentiscus* pertenecen a la vegetación potencial (RIVAS MARTÍNEZ, 1987) y tienen una gran capacidad de rebrote frente a perturbaciones como el fuego, el pastoreo y la poda (LLORET & VILÀ, 1997). El suelo de los matorrales dominados por estas especies con frecuencia alberga mayores contenidos de carbono y nutrientes que el de las repoblaciones de *P. halepensis* bajo condiciones climáticas similares (CORTINA et al., 2001). Estas comunidades proporcionan el hábitat adecuado para el desarrollo de numerosos animales, y sus frutos son utilizados como alimento por distintas especies de aves. Así pues, el establecimiento de prácticas de gestión encaminadas a incrementar la diversidad y cobertura de especies arbustivas en repoblaciones de *P. halepensis* puede estimular los procesos sucesionales, incrementar la diversidad, aumentar su resiliencia y contribuir al desarrollo de las comunidades animales (CORTINA & VALLEJO, 1999). Además, la diversificación del número de especies presente en las repoblaciones forestales ha sido identificada por el emergente Plan Forestal Español como una de las acciones a impulsar dentro de las actuaciones en materia de restauración hidrológico forestal, control de la erosión y lucha contra la desertificación (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2002).

Existen en la actualidad técnicas para facilitar el establecimiento de especies arbustivas en pinares de repoblación (CORTINA et al., 2004), incluyendo el control de la competencia con el estrato herbáceo. Sin embargo disponemos aún de poca información sobre la posibilidad de utilizar tratamientos silvícolas del pinar para potenciar la entrada de estas especies.

Agradecimientos

Esta revisión ha sido posible gracias a la financiación recibida a través del proyecto

FANCB (Ministerio de Ciencia y Tecnología y FEDER; REN2001-0424-C02-02 / GLO). Agradecemos a Juan Raimundo, SS.TT. Conselleria de Territoria y Vivienda, Generalitat Valenciana la información proporcionada sobre control de plagas. A.A. Vilagrosa y J.R. García de la cruz por la información facilitada.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLOT, J.; SÁNCHEZ, J.R.; CHIRINO, E.; HERNÁNDEZ, N.; ABDELLI, F. & MARTÍNEZ, J. M.; 1999. Effect of different vegetation type cover on the soil water balance in semi-arid areas of south eastern Spain. *Physics and Chemistry of the Earth (B)* 24: 353-357.
- BELLOT, J.; MAESTRE, F.T.; CHIRINO, E.; HERNÁNDEZ, N. & ORTIZ DE URBINA, J.M.; 2004. Afforestation with *Pinus halepensis* reduces native shrub performance in a Mediterranean semiarid area. *Acta Oecologica* (en revisión).
- CHAPARRO, J.; ENRIQUEZ, J.L. Y ESTEVE, M.A.; 1993. Consecuencias ecológicas de las repoblaciones forestales con aterrazamientos en ambientes áridos y semiáridos (Murcia, SE de España). En: F. J. Silva Pando y G. Vega (eds.) *Ponencias y Comunicaciones del Congreso Forestal Español-Lourizán 1993*, IV: 163-168. Gráficas Grafol S.A. Vigo.
- CHAPARRO, J. Y ESTEVE, M.A.; 1995. Evolución geomorfológica de laderas repobladas mediante aterrazamientos en ambientes semiáridos (Murcia, SE de España). *Cuaternario y Geomorfología* 9: 34-49.
- CHIRINO, E.; SÁNCHEZ, J.R.; BONET, A. & BELLOT, J.; 2001. Effects of afforestation and vegetation dynamics on soil erosion in a semi-arid environment (SE Spain). En: Y. Villacampa, C. A. Brebbia & J. L. Usó (eds.), *Ecosystems and Sustainable development III*: 239-248. WIT Press. Southampton.
- CONSELLERIA DE MEDIO AMBIENTE, GENERALITAT VALENCIANA; 2002. *Prospección fitosanitaria de los montes de la provincia de Alicante*. Informe Técnico inédito. Valencia.
- CORTINA, J. & VALLEJO, V.R.; 1999. Restoration of Mediterranean ecosystems. En: A. Farina (ed.), *Perspectives in Ecology. A glance from*

- the VII International Congress of Ecology*: 479-490. Backhuys Publishers, Leiden.
- CORTINA, J.; VALDECANTOS, A.; FUENTES, D.; CASANOVA, G.; VALLEJO, V.R.; DÍAZ BERTRANA, J.M.; LLAVADOR, F. Y RUANO, R.; 2001. El uso de biosólidos en el sector forestal valenciano. *Foresta* 13: 64-69.
- CORTINA, J.; BELLÓT, J.; VILAGROSA, A.; CATURLA, R.; MAESTRE, F.T.; RUBIO, E.; MARTÍNEZ, J.M. Y BONET, A.; 2004. *Restauración en semiárido. Restauración de Ecosistemas Degradados*. CEAM y Conselleria de Teritorio y Vivienda-Generalitat Valenciana. Valencia (en prensa).
- ESTEVE, M.A.; FERRER, D.; RAMÍREZ-DÍAZ, L.; CALVO, J. F.; SUÁREZ, M.L. Y VIDAL-ABARCA, M.R.; 1990. Restauración de la vegetación en ecosistemas áridos y semiáridos: algunas reflexiones ecológicas. *Ecología, Fuera de Serie* 1: 497-510.
- FONS, J.; 1995. *Avaluació de la fertilitat de sòls forestals mediterranis. El cas de les pinedes de pi blanc (Pinus halepensis Mill)*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- LLORET, F. & VILÀ, M.; 1997. Clearing of vegetation in Mediterranean garrigue: Response after a wildfire. *For. Ecol. Manage.* 93: 227-234.
- LÓPEZ, G. & MORO, M.J.; 1997. Birds of Aleppo pine plantations in south-east Spain in relation to vegetation composition and structure. *J. Appl. Ecol.* 34: 1257-1272.
- MAESTRE, F.T., CORTINA, J., BAUTISTA, S. & BELLÓT, J.; 2003. Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs under semi-arid climate?. *For. Ecol. Manage.* 176: 147-160.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.; 2002. *Plan Forestal Español. Documento de debate*. (www.mma.es/conserv_nat/planes/plani-for/pfeindex.htm).
- MONTERO, J. L. Y ALCANDA, P.; 1993. Reforestación y biodiversidad. *Montes* 33: 57-76.
- ORTUÑO, F. 1990. El plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y comentarios. *Ecología, Fuera de Serie* 1: 373-392.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Instituto para la Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- RUIZ DE LA TORRE, J.; 1973. Significación de los pinares xerófilos. *Vida Silvestre* 6: 108-113.
- SER; 2002. *The SER primer on ecological restoration*. Accesible en www.ser.org
- TAPIAS, R.; GIL, L.; FUENTES-UTRILLA, P. & PARDOS, J.A.; 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of south-eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *J. Ecol.* 89: 629-638.