

El uso de parches artificiales mejora el rendimiento de una repoblación de *Rhamnus lycioides* en medio semiárido¹

Soliveres-Codina, S.^{1,2,*}; Monerris, J.J.¹; Cortina, J.¹

¹Departamento de Ecología e Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio Ramon Margalef, Universidad de Alicante. Apartado 99. 03080 Alicante, España

²Departamento de Biología y Geología, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnológicas, Universidad Rey Juan Carlos, c/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, España.

* e-mail de contacto: santiago.soliveres@urjc.es

Abstract

En el presente estudio se evalúa el efecto de la formación de parches artificiales que contribuyan a regenerar la dinámica fuente-sumidero característica de ecosistemas semiáridos. Para ello se ha evaluado el efecto de pilas de ramas de pino sobre brinzales introducidos de *Rhamnus lycioides* L., analizando la importancia relativa de la sombra y la captura de escorrentía superficial de estos parches en la respuesta de la vegetación. Estos parches redujeron de forma significativa la radiación PAR incidente, aumentando la supervivencia de los brinzales en más de un 30%, aunque no tuvieron un efecto significativo sobre su crecimiento o la retención de sedimentos. Los resultados obtenidos sugieren que las pilas de ramas pueden ser una buena herramienta en la restauración de estos medios, pudiendo mejorar procesos vitales para el ecosistema.

Palabras clave: *Rhamnus lycioides*, *Pinus halepensis*, repoblación, islas de fertilidad, semiárido, heterogeneidad espacial.

INTRODUCCION

Los ecosistemas áridos y semiáridos están formados por parches de vegetación dispersa inmersos en una matriz de suelo libre de plantas vasculares. Esta estructura espacial genera una dinámica fuente-sumidero (NOY-MEIR, 1973; LUDWIG & TONGWAY, 1995), gracias a la cual, los parches de vegetación funcionan como trampas de recursos (agua, sedimentos, semillas, etc; SCHLESINGER & PILMANIS, 1998), favoreciendo los eventos de reclutamiento de nuevas plantas (LUDWIG & TONGWAY, 1996; BARBERÁ et al, 2006).

En sistemas degradados, estos parches de vegetación son escasos o inexistentes, lo que hace que el ecosistema pierda recursos y deje de ser funcional (LUDWIG et al, 1994). En la restauración de estos sistemas se han utilizado medios mecánicos, como el subsolado, que suelen resultar muy caros y excesivamente agresivos (NOBLE et al, 1984; HACKER, 1989). Una alternativa a estas técnicas consiste en la colocación de pilas de ramas, que imiten el efecto sumidero de estos parches de vegetación de forma artificial (TONGWAY et al., 2004). Este sistema ha resultado efectivo en medios degradados del semiárido australiano, aumentando las tasas de infiltración y captura de sedimentos, contenido de nutrientes del suelo, y la colonización de plantas vasculares (TONGWAY & LUDWIG, 1996; LUDWIG & TONGWAY, 1996). En estos medios también se ha recomendado la introducción de especies arbustivas con capacidad para rebrotar. Que, además de su capacidad de crear islas de recursos, proporcionarían una mayor resiliencia al conjunto del ecosistema (CORTINA & MAESTRE, 2005; MAESTRE & CORTINA, 2005).

Sin embargo, en sistemas áridos y semiáridos la introducción de especies arbustivas suele mostrar niveles bajos de supervivencia y crecimiento (CORTINA et al., 2004, PUGNAIRE et al., 2006), lo que hace impracticable la generación de estas islas a corto plazo. Una alternativa para mejorar estos resultados es el uso de pilas de ramas,

¹Cuadernos de la SECF (en prensa)

que además de las mejoras edáficas, podrían reducir de forma considerable la radiación incidente sobre el brinzal, mejorando su supervivencia (MAESTRE et al., 2003), y reduciendo el riesgo erosión en caso de lluvias torrenciales (TONGWAY & LUDWIG, 1996).

Los pinares de *Pinus halepensis* Mill. son formaciones forestales muy extendidas en clima semiárido, especialmente en nuestro país, donde durante años se ha reforestado con esta especie de forma mayoritaria (VALLEJO et al., 2003). En ocasiones, estas repoblaciones fracasan en lugares de elevada pendiente, suelos poco profundos y pedregosos, o con escasas precipitaciones. En estos lugares sobreviven algunos pies de *P. halepensis* dispersos, de poco porte, con escaso sotobosque. Estos sistemas son ineficientes en la retención de recursos como agua y sedimentos, y contribuyen poco a la restauración de ecosistemas diversos y funcionales.

En el presente trabajo hemos evaluado el efecto de parches artificiales formados con restos de poda de pino sobre la supervivencia y crecimiento de una especie arbustiva rebrotadora (*Rhamnus lycioides* L.), analizando la importancia relativa de la sombra y la captura de escorrentía superficial en la respuesta de la vegetación. Nuestras hipótesis de trabajo son: (i) los parches mejoran el crecimiento y la supervivencia de los brinzales; (ii) el factor sombreo es la causa más importante del efecto positivo de estos parches; (iii) en caso de carecer de restos vegetales, estos parches se pueden sustituir por estructuras de malla artificiales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en un pinar degradado en San Vicente del Raspeig (Alicante, SE España). El clima es termomediterráneo semiárido, con temperatura media anual de 17,8°C y precipitación media de 336 mm anuales, repartidos de forma irregular, con marcada sequía estival y lluvias fuertes en otoño (Estación Meteorológica Ciudad Jardín, Alicante, 1971-2000)

Diseño experimental

En marzo de 2006 plantamos 60 brinzales de *R. lycioides* mediante ahoyado manual de 25 x 25 x 25 cm. Los brinzales recibieron más tarde (Mayo 2006), un riego de mantenimiento de 1,5 L. A cada brinzal le aplicamos uno de los siguientes tratamientos (15 réplicas por cada tratamiento): (1) control: plantación en una zona libre de vegetación y sin protección alguna, (2) plantación bajo la sombra de una pila de restos de poda de pino de 2 m de ancho y 0,6 m de alto en contacto con el suelo, (3) plantación bajo la sombra de una pantalla de malla de invernadero de 60 cm de altura, ligeramente elevada sobre el suelo, para evitar retención de escorrentía, y (4) plantación junto a una malla de 5 cm de altura, situada en contacto con el suelo, pero sin efecto sombreo.

En verano de 2006 cuantificamos la radiación PAR incidente en la copa de los brinzales mediante ceptómetro (Decagon Sunfleck Ceptometer, Pullman, WA EE.UU.). Al inicio del experimento colocamos 3 clavos de erosión de 20 cm de altura y 2 mm de diámetro, insertados 5 cm en el suelo, en 5 plantas por tratamiento, con el fin de evaluar la acumulación de sedimentos. Midiendo la altura de los clavos pocos días después de la primera lluvia después de su colocación, y en Septiembre de 2007 (19 meses después). Además, cuantificamos la supervivencia y crecimiento en altura y diámetro del cuello de la raíz de los brinzales de *R. lycioides* en mayo y septiembre de 2006, y septiembre de 2007.

Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos sobre la radiación PAR se evaluó mediante ANOVA de medidas repetidas en el tiempo. Las diferencias en la retención de sedimentos se evaluaron mediante ANOVA. En ambos casos se llevaron a cabo comparaciones a posteriori utilizando el test HSD de Tukey, para ver si existían diferencias entre las pilas de ramas y la malla plástica.

Se calculó la tasa relativa de crecimiento de los brinzales ($RGR = (\ln X_t - \ln X_0) / t$); siendo X_t la medida de altura o diámetro tomada en el tiempo de muestreo t , X_0 la medida de altura o diámetro inicial, y t el tiempo transcurrido entre muestreos (en meses). Las diferencias entre RGR de brinzales sometidos a los diferentes tratamientos fueron evaluadas mediante ANOVA de 2 factores fijos: sombreado y retención de sedimentos. El efecto de los tratamientos sobre la supervivencia de los brinzales se evaluó mediante análisis de frecuencias log-lineal. Para estos dos últimos análisis, se consideró el experimento como un factorial completo, tomando la pila de ramas como el tratamiento sombra+sedimentos, al no verse diferencias en ninguno de los 2 factores entre las ramas y la malla en los análisis anteriormente descritos.

Todos los análisis mencionados se realizaron con el paquete estadístico SPSS 14.0 para Windows (SPSS Inc. Chicago, ILL, EE.UU.). Los datos analizados con ANOVA cumplieron los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos.

RESULTADOS

La colocación de la malla y la presencia de pilas de ramas redujeron la radiación incidente en un 50% y 60%, respectivamente ($F_{2,5}=196,515$; $p<0,001$), el test HSD de Tukey no reveló diferencias significativas entre ambos tratamientos. Aunque el incremento medio en la retención de sedimentos fue mayor en el tratamiento de retención de sedimentos (5,9 mm frente a los 2,4 mm del control), la elevada variabilidad de los datos no permitió hallar efectos significativos de ninguno de los factores ensayados en la retención de sedimentos ($F_{3,19}= 2,304$; $p=0,139$).

Observamos un efecto positivo del sombreado sobre la altura de los brinzales en los primeros meses tras la plantación (tabla 1), que desaparecieron en sucesivos muestreos. Por otro lado, observamos efectos negativos de la interacción de los tratamientos sombra y captura de sedimentos sobre el crecimiento del diámetro del cuello de la raíz tras el verano de 2006 ($F_{1,15}=9,134$; $p= 0,004$. Tabla 1). Esta interacción no mostró efectos significativos en otras fechas de muestreo. Pasado el primer verano no se detectaron efectos significativos de ninguno de los tratamientos en el crecimiento en altura o diámetro de *R. lycioides*.

Los análisis log-lineal revelaron efectos marginalmente significativos de ambos tratamientos, sombra y captura de sedimentos sobre la supervivencia de los brinzales durante el primer verano (Chi sq= 3,355; $p=0,067$ y Chi sq=3,82; $p=0,05$, respectivamente). En ambos casos la supervivencia incrementó en más de un 30% respecto al control. Durante el segundo año, aumentó la significación del efecto de la sombra ($p<0,05$), desapareciendo el efecto de la retención de sedimentos (Fig. 3). Los brinzales plantados junto a pilas de ramas mostraron los mayores porcentajes de supervivencia (84,6% al final de septiembre de 2007).

DISCUSIÓN

Tanto las pilas de ramas como las mallas de invernadero redujeron sustancialmente la radiación PAR incidente sobre el plantón. Esta reducción de la radiación puede llevar asociada una menor demanda evaporativa, y ha sido señalada como una de las causas más importantes de la mejora en el establecimiento de brinzales en medios limitados por sequías estacionales (MAESTRE *et al.*, 2003).

Los tratamientos aplicados redujeron de forma significativa el aumento de la mortalidad durante el primer verano, característico de las repoblaciones en medio semiárido (60% de mortalidad en los brinzales plantados en campo abierto, frente al 25-20% en brinzales protegidos). Este máximo de mortalidad es el principal cuello de botella que regula el establecimiento de plantas leñosas en estos medios (VALLEJO, 1996), y su reducción demuestra la utilidad de los tratamientos aplicados para mejorar los resultados en las actuaciones de reforestación de forma económica y de fácil aplicación.

Al contrario que en otros estudios (TONGWAY & LUDWIG, 1996), no observamos efectos significativos de los parches artificiales sobre la retención de sedimentos. Esto podría deberse a que el suelo del área de estudio se encontraba en un avanzado estado de degradación por decapitación y encostramiento (TONGWAY & LUDWIG, 1996). La escasa concentración de nutrientes y materia orgánica en el suelo explicaría los efectos poco consistentes de los tratamientos aplicados sobre el crecimiento de los brinzales, los cuales tendrían un menor estrés hídrico, pero no así una mayor disponibilidad de nutrientes, ya que la hojarasca de pino aportada en las pilas de ramas es de lenta degradación y el aporte de nutrientes fue probablemente de escasa magnitud, lo que hace recomendables nuevos estudios que evalúen el efecto de otros materiales vegetales en la generación de estos parches.

A pesar de que las pilas de ramas pueden aumentar el aporte de hojarasca y la colonización vegetal, generar una mejora de microhábitats para insectos y microinvertebrados, funcionar como efecto percha y refugio para la fauna local según muestran otros estudios (TONGWAY & LUDWIG, 1996; LUDWIG & TONGWAY, 1996; FREUDENBERGER *et al.*, 1997). Los resultados de nuestro estudio sugieren que, en suelos con escaso horizonte orgánico y altamente degradados, los efectos de los parches artificiales de ramas sobre los brinzales se pueden imitar mediante mallas plásticas u otras estructuras artificiales capaces de proporcionar sombra y retener sedimentos. Las pilas de ramas son un método barato para mejorar los resultados de la restauración. Sin embargo, su montaje puede ser algo costoso en tiempo y precisa de estructuras de anclaje en áreas con fuertes vientos. En el caso de estudio, estas pilas de ramas habían desaparecido en parte tras un año en el campo, mientras que las mallas plásticas continuaban intactas.

Nuestro estudio muestra que el sombreado mediante materiales naturales o artificiales permite la mejora del microhábitat y favorece el establecimiento de especies de interés en medios semiáridos degradados. Por ello, el uso de estos materiales puede contribuir a acelerar el proceso de restauración de estos medios de una forma barata y fácilmente aplicable. La naturaleza de los parches artificiales (procedente de ramas, o bien malla plástica) debe decidirse teniendo en cuenta el nivel de degradación, el régimen de vientos y la disponibilidad de material vegetal del lugar a restaurar.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto Life-ECOQUARRY (LIFE04 ENV/ES/000195), con la colaboración de CEMEX S.A. Agradecemos la colaboración de Rafael Sempere, Juanjo Torrecillas y Soraya Constan-Nava en diferentes etapas del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBERÁ, G. G., NAVARRO-CANO, J. A. & CASTILLO, V. M.; 2006. Seedling recruitment in a semi-arid steppe: the role of microsite and post-dispersal seed predation. *Journal of arid environments* 67: 701–714
- CORTINA, J., BELLOT, J., VILAGROSA, A., CATURLA, R., MAESTRE, F.T., RUBIO, E., MARTÍNEZ, J.M. Y BONET, A.; 2004. Restauración en semiárido. En: R. Vallejo y J. A. Alloza (eds.) *Avances en la Gestión del Monte Mediterráneo*: 345-406. Fundación CEAM, Valencia.
- CORTINA, J. & MAESTRE, F.T.; 2005. Plant effects on soils in drylands. implications for community dynamics and dryland restoration. In: D. Binkley & O. Menyailo,(eds.), *Tree species effects on soils: implications for global change*: 85-118. Nato science series Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- FREUDENBERGER, D., NOBLE, J. & HODGKINSON, K.; 1997. Management for production and conservation goals in rangelands páginas In: J. Ludwig, D. Tongway, D. Freudenberger, J. Noble, K. Hodgkinson (Eds.). *Landscape Ecology*: 93-106 CSIRO. Australia.
- HACKER RB.; 1989. An evaluation of range regeneration programmes in western australia.. *The Australian Rangeland Journal* 11: 89–100.
- LUDWIG, J.A. & TONGWAY, D.J.; 1995. Spatial organization of landscapes and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landscape Ecology* 10:51-63
- LUDWIG, J.A. & TONGWAY, D.J.; 1996. Rehabilitation of semi-arid landscapes in Australia II: restoring productive soil patches. *Restoration Ecology* 4:398-406.
- LUDWIG, J.A., TONGWAY, D.J & MARSDEN, S.G.; 1994. A flow-filter model for simulating the conservation of limited resources in spatially heterogeneous, semi-arid landscapes. *Pacific Conservation Biology* 1: 209-214.
- MAESTRE, F. T. & CORTINA, J.; 2005. Remnant shrubs in mediterranean semi-arid steppes: effects of shrub size, abiotic factors and species identity on understorey richness and occurrence. *Acta Oecologica* 27: 161-169.
- MAESTRE, F. T., BAUTISTA, S. & CORTINA, J.; 2003. Positive, negative and net effects in grass-shrub interactions in mediterranean semiarid grasslands. *Ecology* 84: 3186-3197.
- NOBLE, J.C., CUNNINGHAM, G.M. & MULHAM, W.E.; 1984, Rehabilitation of degraded land, In: G.N. Harrington, A.D. Wilson & M.D. Young (eds.), *Management of Australian Rangelands*: 171-186. CSIRO, Australia.
- NOY-MEIR, I.; 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4:25-52.
- PUGNAIRE, F.I., LUQUE, M.T., ARMAS, C. & GUTIÉRREZ, L.; 2006. Colonization processes in semi-arid Mediterranean old-fields. *Journal of Arid Environments* 65: 591–603
- TONGWAY, D.J., & LUDWIG, J.A.; 1996. Rehabilitation of semi-arid landscapes in Australia II: restoring productive soil patches. *Restoration Ecology*. 4:388-397.
- TONGWAY, D. J., CORTINA, J. Y F. T. MAESTRE.; 2004. La gestión de la heterogeneidad espacial en medios semiáridos. *Ecosistemas* 2004/1 ([url:www.aeet.org/ecosistemas/041/revision5.htm](http://www.aeet.org/ecosistemas/041/revision5.htm)).

SCHLESINGER, W.H. & PILMANIS, A.M.; 1998 Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochemistry*. 42:169-187.

VALLEJO, V.R., CORTINA, J., VILAGROSA, A., SEVA, J.P. & ALLOZA, J.A.; 2003. Problemas y perspectivas de la utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. *En: J.M Rey-Benayas, T. Espigares y J.M. Nicolau (Eds.) Restauración de ecosistemas en ambientes mediterráneos: 11-43.* Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá. Madrid

VALLEJO, R.; 1996. *La restauración de la cubierta vegetal en la comunidad valenciana.* Fundación CEAM, Valencia, España.

Tabla 1. Resultados del ANOVA de 2 vías realizado para la tasa de crecimiento de los brinzales ensayados en mayo y septiembre de 2006 y septiembre de 2007. Se muestra F y p-valor (n=15). Se marcan en negrita efectos significativos.

	Mayo 2006				Septiembre 2006				Septiembre 2007			
	Altura		Diámetro		Altura		Diámetro		Altura		Diámetro	
	F _{52,1}	sig	F _{52,1}	sig	F _{41,1}	sig	F _{41,1}	sig	F _{33,1}	sig	F _{33,1}	sig
Sombra	3,191	,080 (+)	,169	,682	2,202	,145	,218	,643	4,285	,046 (+)	1,168	,288
Sedimentos	2,167	,147	7,871	,007(-)	,365	,549	5,152	,029 (-)	,048	,828	1,342	,255
Sombra x sedimentos	,117	,734	1,746	,192	3,286	,077(+)	4,425	,042 (-)	,011	,917	,279	,601

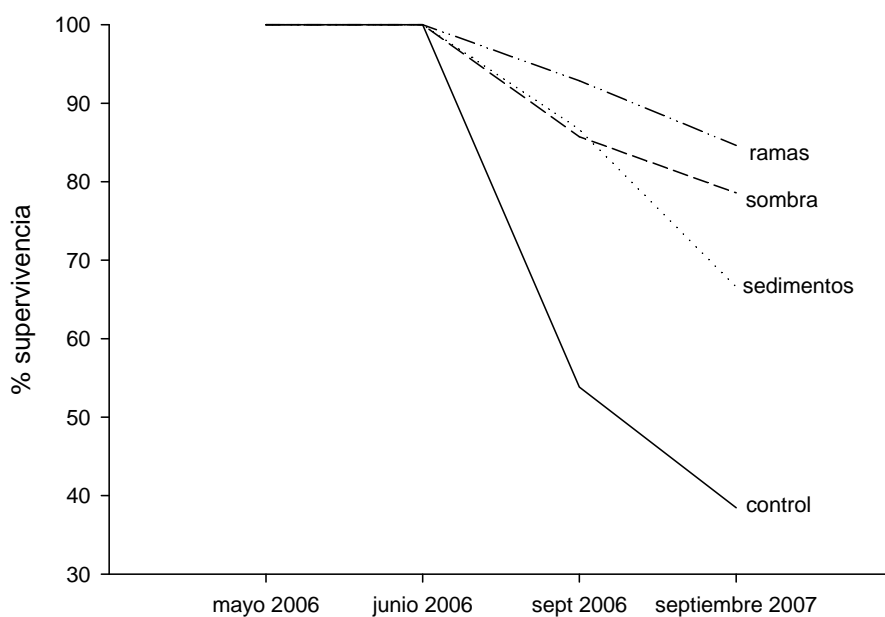


Figura 3. Supervivencia de brinzales de *Rhamnus lycioides* posterior a la plantación en el campo en función de los tratamientos.

	Mayo 2006				Septiembre 2006				Septiembre 2007			
	Altura		Diámetro		Altura		Diámetro		Altura		Diámetro	
	F _{52,1}	sig	F _{52,1}	sig	F _{24,1}	sig	F _{24,1}	sig	F _{32,1}	sig	F _{32,1}	sig
Sombra	3,191	,080	,237	,629	,830	,371	,532	,477	1,301	,263	,179	,675
		(+)										
Sedimentos	2,167	,147	8,640	,005	,315	,580	2,863	,111	,487	,491	3,323	,078
			(-)								(-)	
Sombra x sedimentos	,117	,734	5,312	,026	,061	,807	1,661	,217	,321	,575	1,416	,243
			(-)									

Tabla 1. Resultados del ANOVA de 2 vías realizado para la tasa de crecimiento de los brinzales ensayados en mayo y septiembre de 2006 y septiembre de 2007. Se muestra F y *p*-valor (n=15). Se marcan en negrita efectos significativos.