

Investigación

Maestre, F. T., Bautista, S., Cortina, J., Bladé, C., Bellot, J. y Vallejo, V. R. 2003. Bases ecológicas para la restauración de los espartales semiáridos degradados. *Ecosistemas* 2003/1 (URL:www.aet.org/ecosistemas/031/investigacion5.htm)

Bases ecológicas para la restauración de los espartales semiáridos degradados.

Fernando T. Maestre¹, Susana Bautista^{1,2}, Jordi Cortina¹, Carme Bladé², Juan Bellot¹ y Ramón Vallejo²

¹ Departamento de Ecología, Universidad de Alicante. Apartado de correos 99. 03080 Alicante

² Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. C/ Charles Darwin, 14. 46980 Paterna, Valencia

Los espartales de Stipa tenacissima constituyen una de las formaciones más características de las zonas semiáridas mediterráneas. Algunas especies leñosas características de la vegetación que se considera potencial en estas zonas han desaparecido o bien se han visto restringidas a manchas discontinuas. En este estudio se analiza la interacción entre S. tenacissima y distintas especies leñosas mediterráneas introducidas mediante plantación y siembra, con el fin de evaluar el potencial de la facilitación como herramienta para la restauración ecológica de los espartales. Esta interacción es la suma de efectos positivos (mejora en las condiciones microclimáticas y edáficas y captación de agua de escorrentía) y negativos (competencia subterránea por el agua), siendo la mejora del microclima en los alrededores de S. tenacissima el principal mecanismo responsable de la facilitación observada en las especies introducidas. Los efectos positivos aumentan conforme lo hacen las condiciones climáticas adversas en un gradiente espacio-temporal de estrés hídrico. Estos resultados indican que la facilitación puede contribuir a optimizar la restauración de los espartales degradados.

Introducción

Las formaciones de esparto (*Stipa tenacissima*) o espartales constituyen una de las comunidades vegetales más características de las zonas semiáridas de la cuenca mediterránea occidental. Distintos autores han estudiado su dinámica sucesional, habiendo sugerido que actúan como etapas de degradación de la vegetación potencial. En el norte de África aparecen tras la degradación de bosques abiertos dominados por *Pinus halepensis*, *Tetraclinis articulata* y *Juniperus phoenicea* (Le Houérou, 2001), mientras que en las zonas semiáridas del sudeste de la península Ibérica se consideran etapas de degradación de pinares de *P. halepensis* o de matorrales esclerófilos mediterráneos (Rivas Martínez, 1987). No obstante, esta posición está sujeta a cierta discusión dada la presencia milenaria de los espartales en la Península Ibérica, como lo atestigua su extensiva utilización por parte de las tropas romanas durante las guerras púnicas, en el siglo III a. C., y por las denominaciones recogidas ya por autores griegos y romanos, que se referían a vastas extensiones del SE peninsular como "Spartarion Pedion" y "Campus spartarius", respectivamente (Ruiz de la Torre, 1993).

En la actualidad, la colonización de los espartales por especies arbustivas pertenecientes a la vegetación potencial es improbable o muy lenta, debido a la escasez de individuos adultos, a unas condiciones edáficas y climáticas fuertemente limitantes para el establecimiento de las plántulas, a las interacciones competitivas con la vegetación existente y a la falta de animales dispersadores apropiados y

microambientes favorables para la germinación (Gasque, 1999; Maestre, 2002 y referencias allí incluidas). A estos factores hay que añadir la acción humana, que ha condicionado enormemente la vegetación existente en los espartales. La fibra de *S. tenacissima* ha sido utilizada para los más variados usos desde la prehistoria, por lo que el hombre ha propiciado la expansión de la especie, cultivándola en ocasiones – mediante la plantación de porciones de las macollas durante el otoño–, estimulando su crecimiento – por medio del entresacado de las matas y la eliminación de las hojas muertas– y eliminando aquellas especies que competían con ella mediante quemas repetidas, que se realizaban cada 4 ó 5 años (Barber *et al.*, 1997).

En las zonas semiáridas del sudeste peninsular los espartales ocupan áreas con un elevado riesgo de erosión y desertificación, habiéndose considerado su restauración como prioritaria (Ruiz de la Torre 1993). Es por ello que estas formaciones han sido objeto de repoblaciones, casi exclusivamente con *P. halepensis*, realizadas con técnicas basadas a menudo en plantaciones con un marco regular y preparación previa del terreno mediante aterrazamientos o subsolados. La problemática ambiental asociada a este tipo de actuaciones, unida a las limitaciones que presenta en la actualidad la introducción de especies leñosas en las zonas semiáridas, pone de manifiesto la necesidad de desarrollar técnicas de restauración adecuadas a las características ecológicas de los espartales (Cortina y Vallejo, 1999; Zamora, 2002).

La restauración de los ambientes semiáridos degradados puede ser optimizada utilizando técnicas basadas en el propio funcionamiento de los ecosistemas (Whisenant, 1999). La formación de "islas de recursos" (Reynolds *et al.*, 1999), la mejora del microclima (Breshears *et al.*, 1998) y la dominancia de las interacciones positivas que tiene lugar en las manchas de vegetación (Callaway, 1997), hace que éstas sean *a priori* lugares adecuados para la introducción de especies de interés (Vallejo *et al.*, 2000). Las interacciones positivas entre las plantas o facilitación constituyen uno de los principales procesos que influyen en la estructura y composición las comunidades vegetales (Callaway y Walker, 1997), presentando especial relevancia en aquellos ambientes sometidos a un fuerte estrés ambiental (Bertness y Callaway, 1994). La facilitación es una interacción considerada desde hace tiempo en las actividades de silvicultura y gestión forestal, habiéndose establecido en algunos casos como una condición *sine qua non* para el establecimiento de especies que ocupan lugares cercanos al clímax en la sucesión vegetal (Montero y Alcanda, 1993).

A pesar del reconocimiento de la importancia de las interacciones positivas en el funcionamiento del ecosistema y de su papel en la restauración de ecosistemas degradados (Whisenant, 1999; Pickett *et al.*, 2001), pocos estudios hasta la fecha han llevado a cabo experimentos que evalúen en condiciones reales su potencial para la reintroducción de especies de interés, especialmente en el ámbito mediterráneo. Así, en matorrales de California, Callaway (1992) y Callaway y D'Antonio (1991) realizaron plantaciones experimentales de distintas especies de *Quercus*, observando una mayor supervivencia de los plantones debajo de los arbustos respecto a las áreas sin vegetación. En zonas de ombroclima seco-subhúmedo de la provincia de Valencia, plantaciones de *Quercus ilex* presentaron mayores supervivencias debajo de la cubierta de arbustos y de *P. halepensis* que otras plantaciones realizadas en lugares carentes de vegetación (Vilagrosa *et al.*, 1997). Recientemente, en zonas montañosas de Sierra Nevada (Granada), con ombroclima subhúmedo, se ha puesto de manifiesto que la supervivencia de plantones de *Q. pyrenaica*, *Q. ilex*, *Acer granatense*, *Pinus sylvestris* y *P. nigra* mejora significativamente cuando se sitúan al amparo de distintas especies de matorral (Zamora *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2002). Pese al creciente interés que despierta la facilitación, tanto a nivel teórico como de gestión, la evaluación de su potencial para la reintroducción de especies de interés en zonas semiáridas degradadas no había sido abordada hasta el momento.

Diversos estudios realizados durante la última década han puesto de manifiesto que el patrón espacial de *S. tenacissima* influye de manera notable en el funcionamiento y dinámica de los espartales. El establecimiento y desarrollo de los individuos de esta especie propicia la aparición de variaciones locales en la infiltración (Cerdà, 1997; Maestre *et al.*, 2002a), contribuyendo a la formación en zonas de cierta pendiente de un patrón fuente-sumidero de agua y sedimentos, desde las zonas sin vegetación hacia las macollas de *S. tenacissima* (Puigdefábregas *et al.*, 1999). Esta dinámica origina que la deposición de sedimentos en los espartales se produzca principalmente en la zona superior de las macollas de *S. tenacissima*, donde se ha observado una colonización preferente de especies leñosas subarborescentes (García-Fayos y Gasque, 2002), plantas anuales (Sánchez, 1995) y de comunidades brioliquénicas (Maestre *et al.*, 2002a; Maestre y Cortina, 2002). El suelo en este microambiente se caracteriza por presentar una menor compactación, mayores contenidos de humedad después de una lluvia y de materia orgánica, un mayor número propágulos micorrízicos y valores mayores del cociente C:N que los espacios desnudos contiguos (Puigdefábregas *et al.*, 1999; Bochet *et al.*, 1999; Maestre *et al.*, 2001; J. M. Barea, comunicación personal). Junto con estas modificaciones edáficas, la sombra producida por esta especie reduce la radiación y temperatura edáfica en comparación con las zonas sin vegetación adyacentes (Maestre *et al.*, 2001). Estas modificaciones ambientales promovidas por *S. tenacissima*, unidas a su posible pertenencia a una etapa degradativa de la vegetación potencial, hacen de los espartales comunidades idóneas para evaluar el potencial de la facilitación en el establecimiento de especies leñosas en zonas semiáridas degradadas.

Hipótesis, objetivos y diseño experimental

En el marco del proyecto europeo REDMED (www.gva.es/redmed), el Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante y el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) han evaluado el potencial de la facilitación para la restauración de los espartales semiáridos degradados. Para ello, se han llevado a cabo diversos experimentos de campo en espartales semiáridos de la provincia de Alicante con un elevado grado de degradación de la cubierta vegetal arbustiva. La principal hipótesis manejada es que las condiciones microclimáticas y edáficas que se dan en los alrededores de las macollas de *S. tenacissima* pueden facilitar el establecimiento de especies arbustivas y arbóreas.

Los objetivos principales de estos estudios fueron: i) evaluar la interacción de *S. tenacissima* en la supervivencia, crecimiento y estado fisiológico de plantones de especies leñosas de interés en la restauración de ecosistemas semiáridos degradados, ii) analizar el efecto de dicha interacción en la germinación e instalación de plantas introducidas mediante siembra, iii) identificar los mecanismos responsables de la posible interacción entre las plantas introducidas y *S. tenacissima*, y iv) examinar la importancia relativa de los principales efectos positivos y negativos que intervienen en la interacción entre *S. tenacissima* y los arbustos introducidos, así como su evolución en un gradiente espacio-temporal de estrés.

Estas experiencias, que han contado con el apoyo logístico de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana y de la empresa pública VAERSA, comenzaron en el segundo semestre de 1998. Se establecieron 4 parcelas experimentales en laderas de los alrededores de Alicante, en una zona de clima semiárido termomediterráneo caracterizada por una precipitación media anual inferior a los 350 mm, una temperatura media anual superior a los 18 °C y una fuerte sequía estival. Todas las parcelas se eligieron en zonas de exposición sur y pendiente moderada. Los experimentos consistieron en plantaciones y siembras experimentales de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas: la mielga real (*Medicago arborea*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), la coscoja (*Quercus coccifera*) y el algarrobo

(*Ceratonía siliqua*). En los diversos experimentos se comparó la introducción de plantones o semillas en la cara superior de las matas de esparto (microambiente esparto, **Foto 1**) y en las zonas de suelo desnudo (microambiente claro, **Foto 1**). En los ensayos de plantación, se introdujeron los plantones mediante ahoyado manual de 25 x 25 x 25 cm, con el fin de minimizar la perturbación de la vegetación natural. Las plantaciones experimentales se repitieron en 1998, 1999 y 2001, con el objeto de incluir cierta variación climática interanual. En la plantación de 2001 se realizaron diversas manipulaciones experimentales con el fin de investigar los mecanismos responsables de la interacción esparto-arbusto (microambientes esparto con exclusión de escorrentía, sombra y competencia, **Foto 1**), junto con ensayos de laboratorio para evaluar específicamente la contribución de las posibles diferencias en fertilidad entre micrositios a dicha interacción.

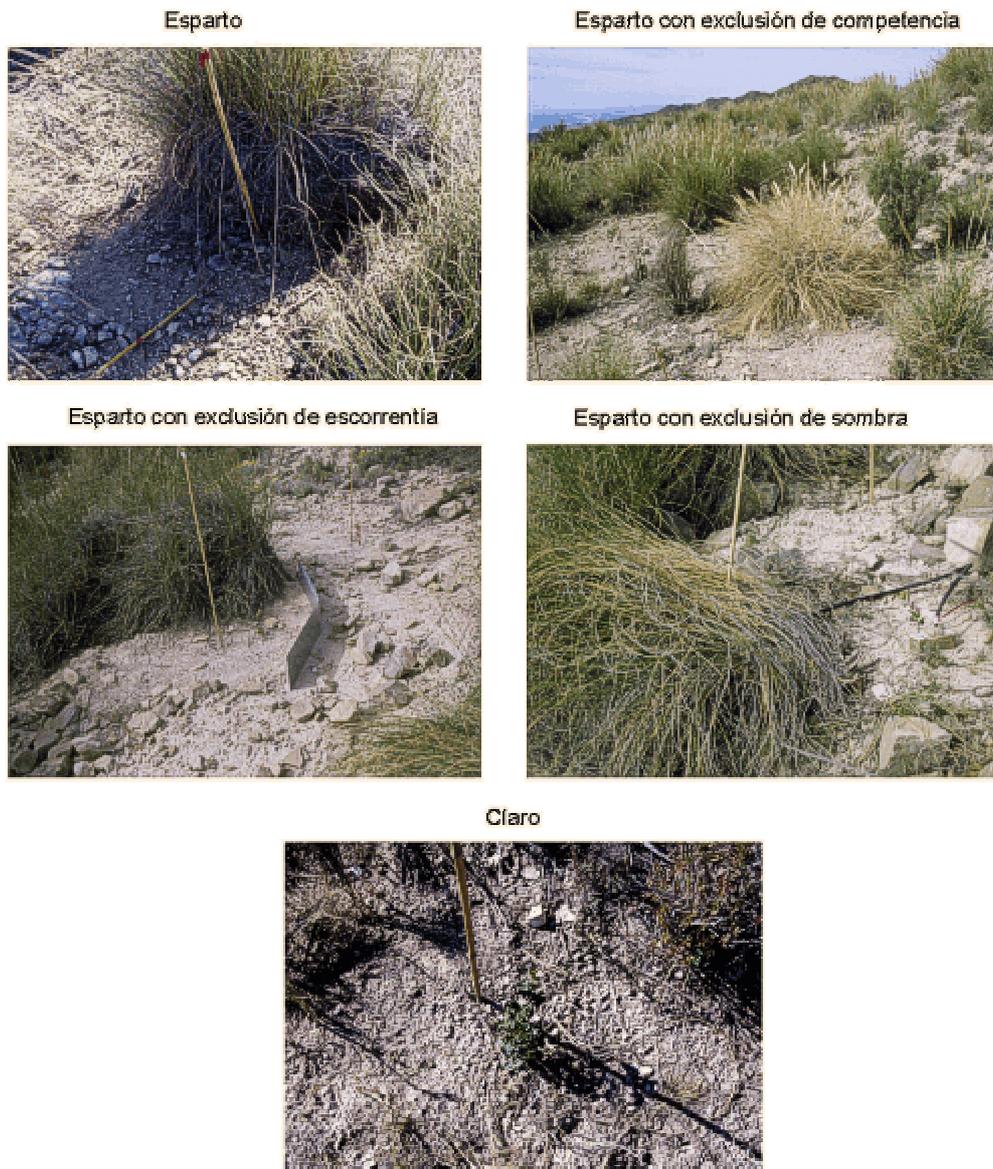


Foto 1. Aspecto de los distintos microambientes empleados en la plantación experimental realizada en el año 2001. En las plantaciones de 1998 y 1999 sólo se utilizaron los microambientes esparto y claro.

Los experimentos de siembra se realizaron en 1999 con *C. siliqua*. En combinación con los dos microambientes ensayados (esparto y claro), se compararon dos técnicas de siembra: el ahoyado o

casilla manual, de unos 5 cm de diámetro y 5 cm de profundidad (preparación superficial), y ahoyado mecánico de 4 cm de diámetro por 30 cm de profundidad (preparación profunda), realizado mediante una barrena mecánica de pequeño tamaño. En todos los casos (50 hoyos de siembra por combinación de tratamientos) se enterraron 4 semillas a 3 cm de profundidad. El efecto de los tratamientos se evaluó en función del porcentaje de hoyos en los que se observó al menos una germinación y de la supervivencia de las plántulas

desarrolladas. Junto con el seguimiento de las plantas introducidas, se evaluaron también diversas variables edáficas (contenidos en humedad, materia orgánica y nutrientes) y microclimáticas (radiación y temperatura del suelo), con el fin de caracterizar e identificar los microambientes de siembra.

Resultados

Los dos microambientes ensayados presentaron diferencias notables en sus propiedades edáficas superficiales y microclimáticas, con mayor abundancia de líquenes, turrícolas y hojarasca, mayor capacidad de infiltración, menor radiación fotosintéticamente activa (PAR) y menor temperatura del suelo superficial en el microambiente esparto. Las diferencias en el contenido de materia orgánica y nutrientes, así como en la humedad del suelo a 0-20 cm de profundidad, fueron escasas (véanse Maestre et al., 2001; 2002a y 2002b para una descripción detallada de estos resultados).

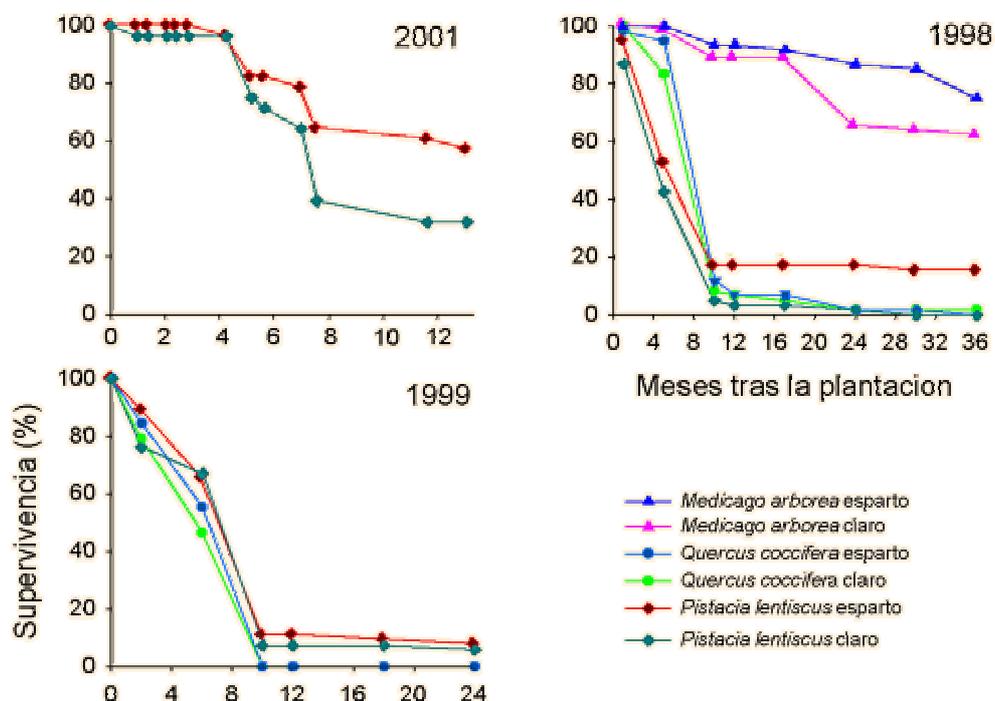


Figura 1. Evolución de la supervivencia de los plantones introducidos en los microambientes esparto y claro control en una de las parcelas de espartal durante las distintas plantaciones realizadas. $n = 60, 70$ y 25 para cada combinación de especie y microambiente en las plantaciones de 1998, 1999 y 2001 respectivamente. Las diferencias entre microambientes fueron significativas para la mayor parte de muestreos (Análisis log-lineal, $P < 0.05$).

La respuesta de los plantones introducidos fue consistente para todas las especies, parcelas y plantaciones realizadas, observándose una mayor supervivencia en el microambiente esparto respecto al claro durante los primeros años tras la plantación (Figura 1). No obstante, el efecto positivo del microambiente esparto fue sensiblemente menor durante 1999, año en el que se produjeron unas elevadas tasas de mortalidad asociadas a una prolongada y severa sequía, que quedó reflejada en unos valores de precipitación anual comprendidos entre 150 y 264, un 32-58 % de la media de las zonas de estudio. La germinación de *C. siliqua* en los ensayos de siembra siguió el mismo patrón, con porcentajes significativamente mayores en el microambiente esparto y con valores nulos de germinación

en el caso de la combinación de microambiente claro y hoyo poco profundo (**Figura 2**). La supervivencia de las plántulas fue muy escasa y, posiblemente debido al extraordinario déficit hídrico de 1999, no hubo plántulas supervivientes después del primer verano tras la siembra.

Las experiencias realizadas en la plantación de 2001 indican que la mejora en las condiciones microclimáticas promovida por *S. tenacissima* es el principal mecanismo causante de esta interacción, siendo su efecto más importante el asociado a la captación de agua procedente de la escorrentía (**Figura 3**). Las diferencias en fertilidad entre microambientes no parecen jugar un papel relevante entre los mecanismos responsables de la interacción analizada (Maestre 2002). La magnitud de los efectos positivos y negativos que intervienen en la interacción entre el esparto y los arbustos introducidos aumentó conforme se acentuaron las condiciones de estrés ambiental durante la época estival, aunque el balance entre ambos dio como resultado una interacción neta facilitadora en todo momento. La magnitud de esta última también fluctuó dentro del gradiente de estrés ambiental evaluado (**Figura 4**) de acuerdo a las predicciones del modelo de Bertness y Callaway (1994).

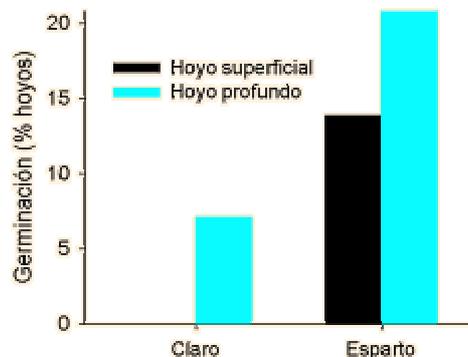


Figura 2. Germinación de semillas de *Ceratonia siliqua* (porcentaje de hoyos con, al menos, una germinación) en función de la técnica de siembra (preparación superficial y profunda) y el microambiente (esparto y claro). Las diferencias entre microambientes fueron significativas (Análisis log-lineal, $P < 0.05$).

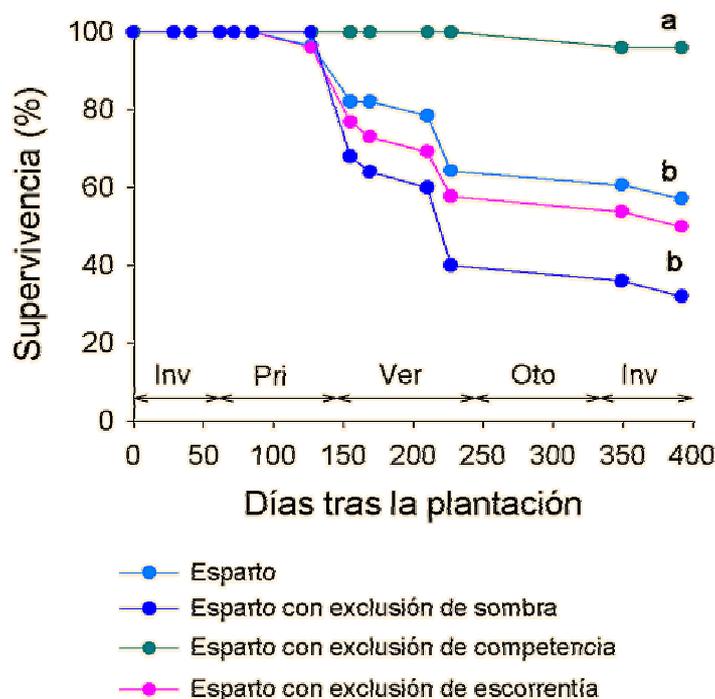


Figura 3. Efecto de las manipulaciones experimentales en el microambiente esparto sobre la evolución de la supervivencia de los plantones de *Pistacia lentiscus* durante el primer año tras la plantación ($n = 25$). Letras diferentes indican la presencia de diferencias significativas en la evolución de la supervivencia (Test de log-rango después de un análisis de supervivencia mediante el procedimiento de Kaplan-Meier, $P < 0.05$). Inv = invierno, Pri = primavera, Ver = verano y Oto = otoño.

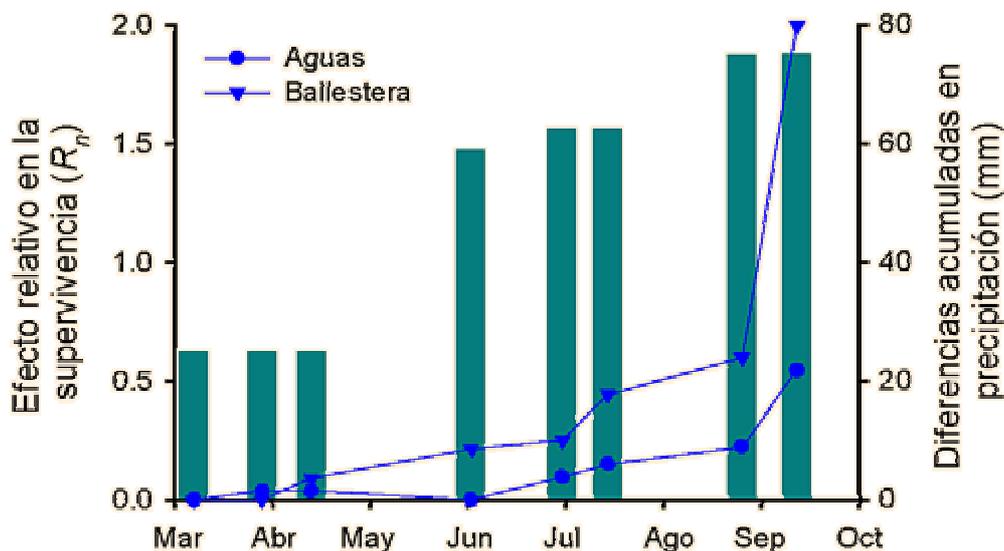


Figura 4. Evolución de la magnitud de la facilitación (R_N) durante la primavera y el verano de 2001 en dos parcelas experimentales situadas en extremos opuestos de un gradiente de estrés ambiental, mayor en Ballestera que en Aguas. Las barras indican las diferencias acumuladas de precipitación entre ambas parcelas (mayor en Aguas). R_N se calcula como $((S_E - S_C) / S_C)$, donde S_E y S_C son los porcentajes de supervivencia en los microambientes esparto y claro respectivamente.

Implicaciones para la dinámica y restauración de los espartales semiáridos degradados

Estos resultados constituyen la primera comprobación experimental de la existencia de facilitación de una especie leñosa por parte de una herbácea en zonas semiáridas, e indican que la facilitación mejora la implantación de especies arbustivas en espartales. Tanto los modelos teóricos como numerosas observaciones de campo señalan la importancia y generalidad de las interacciones positivas dentro de la dinámica de las comunidades vegetales sobre una gran variedad de ecosistemas, especialmente en aquellos sometidos a fuertes condiciones de estrés. Sin embargo, han sido tradicionalmente olvidadas en los programas de restauración de zonas semiáridas degradadas.

La restauración de los espartales degradados mediante plantaciones con distribución espacial irregular, donde los plántones son introducidos en el microambiente proporcionado por *S. tenacissima*, supondría una vía de progreso frente a las plantaciones regulares. A su vez, la simulación artificial del efecto de la facilitación (por ejemplo mediante el sombreado o la colocación de estructuras que permitan la captación del agua y los nutrientes procedentes de la escorrentía) podría emplearse a pequeña escala en aquellos espartales muy degradados y con escasa cobertura vegetal donde la introducción de especies arbustivas fuese de gran interés. Igualmente, el aprovechamiento del microambiente proporcionado por las macollas de esparto parece mejorar las probabilidades de germinación e instalación de plántulas en el caso de que se opte por programas de restauración mediante siembra.

A pesar de lo prometedor de los resultados obtenidos, es importante destacar las bajas tasas de supervivencia encontradas para coscoja y lentisco en las plantaciones realizadas en 1998 y 1999, que

experimentaron una precipitación sensiblemente inferior a la media durante el primer semestre tras la plantación. Así, es posible que las mejoras microclimáticas y edáficas introducidas por el esparto no sean suficientes para garantizar la implantación de determinadas especies cuando las condiciones climáticas post-plantación son particularmente desfavorables. Deberán realizarse experimentos adicionales para conocer los umbrales de precipitación a partir de los cuales pueden obtenerse porcentajes aceptables de supervivencia de las plantas introducidas, así como para analizar el efecto combinado de la facilitación con el de otras técnicas de plantación o siembra que no se han considerado en el presente trabajo.

La incorporación de la facilitación en las tareas de restauración de los espartales semiáridos degradados permitiría aprovechar el propio funcionamiento de los ecosistemas, acelerar el proceso natural de sucesión ecológica y reducir algunos impactos ambientales y visuales asociados a técnicas tradicionalmente empleadas en estos lugares.

Agradecimientos

Agradecemos a M. D. Puche, J. Huesca, M. Ruiz y J. García su ayuda durante el trabajo de campo, que contó con el apoyo logístico de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana y VAERSA. Las experiencias realizadas han sido financiadas por los proyectos REDMED (ENV4-CT97-0682) y FANCB (REN2001-0424-C02-01/GLO), financiados por la Unión Europea y la CICYT, respectivamente. El trabajo de F. T. Maestre ha sido posible gracias a una beca FPU del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. La Fundación CEAM recibe financiación de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana y de Bancaixa.

Referencias

- Barber, A., Cabrera, M. R. y Guardiola, I. 1997. *Sobre la cultura de l'espart al territori valencià*. Fundación Bancaixa, Valencia, España.
- Bertness, M. D. y Callaway, R. M. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 191-193.
- Bochet, E., Rubio, J. L. y Poesen, J. 1999. Modified topsoil islands within patchy Mediterranean vegetation in SE Spain. *Catena* 38: 23-44.
- Breshears, D. D., Nyhan, J. W., Heil, C. E. y Wilcox, B. P. 1998. Effects of woody plants on microclimate in a semiarid woodland: Soil temperature and evaporation in canopy and intercanopy patches. *International Journal of Plant Sciences* 159: 1010-1017.
- Callaway, R. M. 1992. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118-2128.
- Callaway, R. M. 1997. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. *Oecologia* 112: 143-149.

Callaway, R. M. y D'Antonio, C. M. 1991. Shrub facilitation of coast live oak establishment in Central California. *Madroño* 38: 158-169.

Callaway, R. M. y Walker, L. R. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78: 1958-1965.

Castro, J. Zamora, R., Hódar, J. A. y Gómez, J. M. The use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology* 10: 297-305.

Cerdà, A. 1997. The effect of patchy distribution of *Stipa tenacissima* L. on runoff and erosion. *Journal of Arid Environments* 36: 37-51.

Cortina, J. & Vallejo, V. R. 1999. Restoration of Mediterranean ecosystems. En *Perspectives in Ecology. A glance from the VII International Congress of Ecology* (ed. Farina, A.), pp. 479-490, Backhuys Publishers, Leiden, Holanda.

García-Fayos, P. y Gasque, M. 2002. Consequences of a severe drought on spatial patterns of woody plants in a two-phase mosaic steppe of *Stipa tenacissima* L. *Journal of Arid Environments* (en prensa).

Gasque, M. 1999. Colonización del esparto (*Stipa tenacissima* L.) en zonas degradadas de clima semiárido. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

Le Houérou, H. N. 2001. Biogeography of the arid steppeland north of the Sahara. *Journal of Arid Environments* 48: 103-128.

Maestre, F. T. 2002. *La restauración de la cubierta vegetal en zonas semiáridas en función del patrón espacial de factores bióticos y abióticos*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante.

Maestre, F. T., Bautista, S., Cortina, J. y Bellot, J. 2001. Potential of using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecological Applications* 11: 1641-1655.

Maestre, F. T. y Cortina, J. 2002. Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a Mediterranean semi-arid steppe. *Plant and Soil* 241: 279-291.

Maestre, F. T., Huesca, M. T., Zaady, E., Bautista, S. y Cortina, J., 2002a. Infiltration, penetration resistance and microphytic crust composition in contrasted microsites within a Mediterranean semi-arid steppe. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 895-898.

Maestre, F. T., Bautista, S., Cortina, J., Díaz, G., Honrubia, M. y Vallejo, V. R. 2002b. Microsite and mycorrhizal inoculum effects on the establishment of *Quercus coccifera* in a semi-arid degraded steppe. *Ecological Engineering* 19: 289-295.

Montero, J. L. & Alcanda, P. 1993, Reforestación y biodiversidad. *Montes* 33: 57-76.

Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. y Bartha, S. 2001. Implications from the Buell-Small Succession Study for vegetation restoration. *Applied Vegetation Science* 4: 41-52.

Puigdefábregas, J., Solé-Benet, A., Gutiérrez, L., Del Barrio, G. y Boer, M. 1999. Scales and processes of water and sediment redistribution in drylands: results from the Rambla Honda field site in Southeast Spain. *Earth-Science Reviews* 48: 39-70.

Reynolds J. F., Virginia, R. A., Kemp, P. R., de Soyza, A. G. y Tremmel, D. C. 1999. Impact of drought on desert shrubs: effects of seasonality and degree of resource island development. *Ecological Monographs* 69: 69-106.

Rivas Martínez, S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Madrid, España.

Ruiz de la Torre, A. 1993. *Mapa forestal de España, E 1: 20000. Alicante. Hoja 8-9*. ICONA, Madrid, España.

Sánchez, G. 1995. *Arquitectura y dinámica de las matas de esparto (Stipa tenacissima L.), efectos en el medio e interacciones con la erosión*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

Vallejo, V. R., Bautista, S. y Cortina, J. 2000. Restoration for soil protection after disturbances. En *Life and Ecosystems in the Mediterranean* (ed. Trabaud, L.), pp. 301-344, WIT Press, Southampton, UK.

Vilagrosa, A., Seva, J. P., Valdecantos, A., Cortina, J., Alloza, J. A., Serrasolsas, I., Diego, V., Abril, M., Ferran, A., Bellot, J. y Vallejo, V. R. 1997. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana* (ed. Vallejo, V. R.), pp. 435-546 Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo y Generalitat Valenciana, Valencia, España.

Whisenant, S. G. 1999. *Repairing Damaged Wildlands*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Zamora, R. 2002. La restauración ecológica: una asignatura pendiente. *Ecosistemas* 2002/1 (URL: www.aet.org/ecosistemas/021/opinion4.htm).

Zamora, R., Castro, J., Gómez, J. M., García, D., Hódar, J. A., Gómez, L. y Baraza, E. 2001. El papel de los matorrales en la regeneración forestal. *Quercus* 187: 40-47.