

EL PAPEL DE LA HOJARASCA EN LA GESTIÓN DE REPOBLACIONES DE *PINUS HALEPENSIS*

José Antonio Navarro Cano, Gonzalo González Barberá y Víctor Castillo Sánchez

Dpto. de Conservación de Suelo, Agua y Manejo de residuos, CEBAS-CSIC, Campus Universitario de Espinardo. Apdo. 164. 30100-MURCIA (España) Correo electrónico: rm007@cebas.csic.es

Resumen

Se ha estudiado el efecto de la capa de acículas de *P. halepensis* sobre la emergencia y crecimiento temprano de cuatro especies habituales en pinares de repoblación en ambientes semiáridos del SE Ibérico. Para ello se realizaron dos experimentos de siembra directa, uno en campo con *Stipa tenacissima* y otro en cámara de incubación bajo condiciones controladas con *Diplotaxis harra* ssp. *lagascanana*, *Thymus zygis* ssp. *gracilis*, *Teucrium capitatum* ssp. *gracillimum* y *S. tenacissima*. Los resultados indican una relación negativa entre el espesor de la capa de acículas y la emergencia de plántulas de *S. tenacissima* en campo. En cámara solo la emergencia de *D. harra* y *T. zygis* se vio reducida por la presencia de hojarasca de pino. Sin embargo, el tamaño de las plántulas de las cuatro especies se vio afectado negativamente por la capa de acículas. La interferencia de ésta sobre la emergencia puede explicar la baja riqueza específica en pinares. Estos resultados sugieren la necesidad de un manejo de la capa de acículas bajo repoblaciones de pino para fomentar la dinámica vegetal.

Palabras clave: *Interferencia; Reclutamiento de plántulas, Siembra directa, Sucesión vegetal, Semiárido*

INTRODUCCIÓN

Las formaciones de *Pinus halepensis* Mill. representan el principal paisaje forestal en ambientes semiáridos del Mediterráneo Occidental. Esta especie ha sido la más usada en repoblación, dando lugar a extensos pinares cuya gestión va enfocada a mantener las masas introducidas y a facilitar la entrada de arbustos bajo el pinar. La mayoría de los pinos generan una capa de hojarasca de varios centímetros bajo sus copas, a partir de las acículas desprendidas anualmente. Se trata de un estrato orgánico superficial, nutricionalmente pobre y de lenta degradación (MORO & DOMINGO, 2000).

La hojarasca es fundamental en la incorporación de nutrientes al suelo. Ésta puede ejercer un control sobre la dinámica vegetal, no solo mediante su aportación nutricional al suelo, sino también afectando a las propiedades termohídricas (CARSON & PETERSON, 1990), modificando la luz incidente (FACELLI & PICKETT, 1991), ejerciendo un efecto alelopático (FERNÁNDEZ et al., 2006) o actuando como barrera mecánica sobre la emergencia de plántulas (FACELLI & PICKETT, 1991; IZHAKI et al., 2000; ROTUNDO & AGUIAR, 2005). Todos estos factores pueden actuar de modo diferencial sobre las fases de germinación y emergencia de plántulas. Dichas fases representan, junto con la dispersión, el principal cue-

llo de botella para la dinámica poblacional de una especie, ya que cambios en las tasas de establecimiento de plántulas pueden traducirse a largo plazo en cambios en la estructura de ésta.

A pesar de ello, en la silvicultura de los pinares de *P. halepensis* se suele obviar el papel que juega la capa de hojarasca en la dinámica vegetal, a través del control del establecimiento de plántulas. Además, en los últimos años se están extendiendo prácticas selvícolas de poda y clareo en las que se tritura y deposita *in situ* los restos vegetales, que forman acúmulos de varios centímetros de espesor sobre los mantos de hojarasca existentes.

Por lo tanto, se hace necesario el estudio del efecto de la capa de acículas sobre la germinación y emergencia de plántulas en suelo, para conocer como actúa dicho estrato sobre la dinámica de las comunidades vegetales en áreas ocupadas por pinares de *P. halepensis* en el Sureste Ibérico y si fuera necesario, desarrollar técnicas de manejo de las mismas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Experimento en campo

El área de estudio se situó en la cuenca de Cárcavo (38°12' N, 1°31' W), Murcia, España; en un pie de ladera sobre margas y con una pendiente de 2-5°. La zona presenta una temperatura y precipitación media anual de 16,5°C y 298 mm respectivamente. La vegetación potencial de la zona corresponde a la serie *Rhamno lycioidis-Querceto cocciferae Sigmatum*.

El área de estudio se encuentra en su totalidad repoblada con *P. halepensis* mediante laboreo pleno con subsolado. La edad de la repoblación era de 29-30 años, con una altura media de 3.5 m en enero de 2005. La densidad de plantación aproximada era de 1.000 pinos·ha⁻¹.

Se establecieron aleatoriamente 8 parcelas de 2x5 m, subdivididas en los siguientes microambientes paralelos: a) BP, banda bajo la línea de plantación y cubierta por las copas del pinar, con una capa de pinaza uniforme; b) BC, banda contigua a BP, cubierta total o parcialmente por las copas de pino, con una capa más o menos uniforme de pinaza, aunque de espesor inferior a BP; c) EP, espacio central entre líneas de planta-

ción, no cubierto por las copas de pino, por lo que no presenta una capa uniforme de pinaza.

Para la siembra se usaron frutos maduros de *Stipa tenacissima* L., la especie más abundante en el conjunto de la cuenca de Cárcavo, a razón de 25 frutos por microambiente y parcela (n = 200 frutos por microambiente). Éstos se sembraron manualmente a intervalos regulares de un centímetro. No se realizó ningún riego durante el periodo de estudio, que abarcó desde el 11/03/05 hasta el 01/10/06. El seguimiento de la emergencia de plántulas se realizó semanalmente. También se contó con datos de las propiedades físicas y químicas del suelo en cada microambiente (RUIZ-NAVARRO, 2005).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante ANOVA. El análisis se aplicó a las propiedades edáficas, la cobertura de pinos y de costra biológica, la cobertura y espesor de la capa de acículas y a la emergencia de plántulas. También se testó la hipótesis de la existencia de un gradiente de los valores de las variables mencionadas desde el micrositio EP hasta el BP. Para ello se realizó un contraste lineal polinómico del efecto del micrositio.

Experimento en cámara de incubación

Para estudiar el efecto de la capa de hojarasca de *P. halepensis* sobre la emergencia de plántulas sembradas en cámara se usó semillas maduras de las siguientes especies: *Diplotaxis harra* (Forssk.) Boiss. ssp. *lagascana* (DC.) Bolòs & Vigo, *Thymus zygis* L. ssp. *gracilis* (Boiss.) R. Morales, *T. capitatum* L. ssp. *gracillimum* (Rouy) Valdés-Bermejo y *S. tenacissima*, todas ellas con diferente tamaño seminal.

Las semillas se sembraron en contenedores de 10x10x12 cm sobre tres tipos de sustratos (tratamientos) provenientes de los micrositios BP y EP del experimento anterior. Para la preparación de los sustratos de siembra se eligieron aleatoriamente cinco parcelas. De cada una de ellas se recogió en BP un mismo volumen (50x10x10 cm), que fue homogeneizado. En las mismas parcelas anteriores se procedió a extraer en BP 25 secciones inalteradas (cinco por parcela) de 10x10x10 cm, con la capa de hojarasca intacta, que fueron introducidas en los contenedores. El espesor medio de la hojarasca en BP fue de 15.5 ± 3.9 mm y el peso seco medio de

ésta de $10.1 \pm 3.4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Finalmente, en las mismas parcelas anteriores se recogieron en EP, otras 25 secciones alteradas de $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$, que también se introdujeron en contenedores.

Para la siembra se utilizaron cinco contenedores (réplicas) con 25 semillas por especie y tratamiento ($n = 125$). Los tres tratamientos ensayados fueron: a) EP, muestra de suelo de EP, homogeneizada; b) BP, muestra inalterada de suelo de BP, con la capa de pinaza intacta; c) BPMX, muestra alterada de suelo de BP, con la capa de pinaza homogeneizada con el suelo manualmente antes de su depósito en contenedor.

Las siembras se realizaron manualmente. La incubación se realizó en un fitotrón Sanyo MLR-350H, programado con un régimen de temperatura oscilante entre 18 y 25°C y un fotoperiodo de 12 h , con la fase de oscuridad coincidente con la temperatura inferior; la luz osciló en un rango de 25 a $165 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; la humedad se mantuvo constante al 80% . Para cada especie se estableció un grupo de control, formado por 5 réplicas de 25 semillas incubadas en placa Petri sobre papel de filtro constantemente humedecido.

La emergencia se siguió semanalmente. El crecimiento de plántulas se midió mediante las siguientes variables: longitud (aérea + radicular), biomasa (aérea + radicular), relación parte subterránea – parte aérea de la biomasa (ratio R-T) y número de hojas verdaderas. La parte aérea y la subterránea se midieron tras eliminar el sustrato bajo una fuente de agua a presión. Una vez medidas las longitudes aérea y subterránea, se separaron dichas fracciones y se desecaron para obtener la biomasa. El crecimiento se midió en plántulas emergidas durante la misma semana de muestreo.

Tanto la emergencia de plántulas como las variables de crecimiento se analizaron mediante ANOVA de una vía para cada especie. Cuando no hubo homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. También se contrastó la hipótesis de que tanto la emergencia como el crecimiento de plántulas en el tratamiento EP (sin hojarasca) debían ser distintos de aquéllos de los tratamientos BP y BPMX agrupados (con hojarasca). Dicha hipótesis se contrastó mediante la expresión: $EP - (1/2 BP + 1/2 BPMX) = 0$, representando EP, BP y BPMX la emergencia de plántulas en dichos microambientes.

RESULTADOS

Experimento en campo

El suelo fue muy pobre en nutrientes en los tres microambientes estudiados. Se obtuvieron valores de TOC y N por debajo de 6 y $1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente (Tabla 1). En cambio, los valores de Na fueron muy elevados. Todas las variables edáficas presentaron, a excepción del pH y AWC, valores similares en los tres micrositos estudiados. El pH del suelo mostró valores por encima de 9 en todos los casos, si bien, fue significativamente menor en BP que en EP. Por el contrario, el contenido de agua disponible fue significativamente superior en BP con respecto a EP. Los valores de pH se ajustaron al modelo $EP > BC > BP$, mientras que para el agua disponible el modelo fue $EP < BC < BP$.

La cobertura de pinos y la cobertura y el espesor de la capa de hojarasca siguió un gradiente $BP > BC > EP$, mientras que la cobertura de costra biológica mostró un gradiente opuesto (Tabla 1).

La emergencia de plántulas de *S. tenacissima* presentó dos periodos bien definidos, interrumpidos durante el verano. En el primer periodo, que se extendió desde el $6/4/05$ hasta el $25/4/05$, se encontraron diferencias significativas en la emergencia de los tres micrositos estudiados (Figura 1). El contraste polinómico lineal también mostró diferencias significativas ($P=0.002$), indicando un incremento lineal de la emergencia según el gradiente $EP > BC > BP$. Al final del primer periodo la emergencia media por micrositio osciló entre 1% en BP y el 40% en EP (Figura 1). El segundo periodo se extendió desde el $28/9/05$ al $19/11/05$. La emergencia acumulada para la suma de los periodos de primavera y otoño mostró diferencias significativas entre micrositos. Al igual que durante el primer periodo de emergencia, el contraste lineal fue significativo ($P=0.001$), manteniendo la tendencia $EP > BC > BP$. La emergencia acumulada alcanzó (media \pm SE) el $3.5 \pm 0.9\%$ en BP, el $26 \pm 7.2\%$ en BC y el $45 \pm 11.1\%$ en EP (Figura 1).

La relación entre la emergencia de plántulas y el espesor de la capa de acículas se ajustó a un modelo de regresión lineal (Figura 2), cuyo porcentaje de varianza explicada alcanzó el 68% ($P<0.001$) cuando se eliminaron los puntos corres-

Variable	BP ¹	BC	EP
TOC (g kg ⁻¹)	5,6 ± 1,8 ^a	4,2 ± 0,9 ^a	4,0 ± 0,8 ^a
N (g kg ⁻¹)	0,6 ± 0,1 ^a	0,5 ± 0,1 ^a	0,9 ± 0,4 ^a
Na (mg kg ⁻¹)	280,0 ± 20,1 ^a	311,3 ± 24,6 ^a	290,0 ± 15,1 ^a
K (mg kg ⁻¹)	180,3 ± 24,0 ^a	144,8 ± 9,0 ^a	137,8 ± 5 ^a
P (mg kg ⁻¹)	7,8 ± 0,6 ^a	7,5 ± 1,0 ^a	8,8 ± 0,9 ^a
Conductividad (µS·cm ⁻¹)	140,1 ± 3,8 ^a	128,6 ± 3,4 ^a	135,9 ± 8,5 ^a
pH	9,44 ± 0,02 ^b	9,46 ± 0,03 ^{ab}	9,53 ± 0,02 ^a
AWC (%)	12,3 ± 0,7 ^a	11,9 ± 0,7 ^{ab}	10,6 ± 0,4 ^b
Cobertura pinos (%)	84,4 ± 2,2 ^a	56,9 ± 3,3 ^b	0,0 ± 0,0 ^c
Cobertura costra biológica (%)	1,0 ± 1,0 ^b	9,6 ± 5,3 ^b	43,0 ± 10,5 ^a
Cobertura hojarasca (%)	96,9 ± 0,9 ^a	78,8 ± 5,4 ^b	19,9 ± 7,5 ^c
Espesor capa hojarasca (cm)	1,33 ± 0,26 ^a	0,81 ± 0,08 ^a	0,05 ± 0,03 ^b
Pedregosidad superficial (%)	11,2 ± 2,1 ^a	9,8 ± 1,9 ^a	9,9 ± 2,4 ^a

Tabla 1. Propiedades del suelo, cobertura vegetal y hojarasca de los tres microambientes estudiados: bajo línea de plantación de pinos (BP), bajo copas (BC) y en los claros entre líneas de plantación (EP). Se presenta la media ± 1 SE. TOC = carbono orgánico total; N= nitrógeno total; Na = sodio disponible; K = potasio disponible; P = fósforo disponible; AWC = contenido de agua disponible. ¹ Para cada variable, medias seguidas por letras distintas indican que hay diferencias significativas entre micrositios (Tukey, P<0,05)

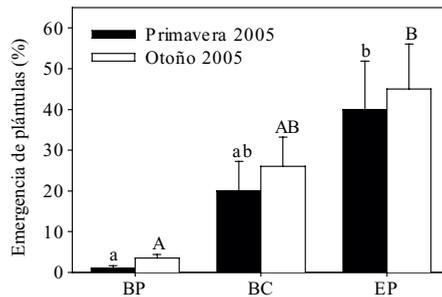


Figura 1. Comparación de la emergencia de plántulas en función del micrositio. Dentro de cada periodo de emergencia, barras con letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, P < 0,05)

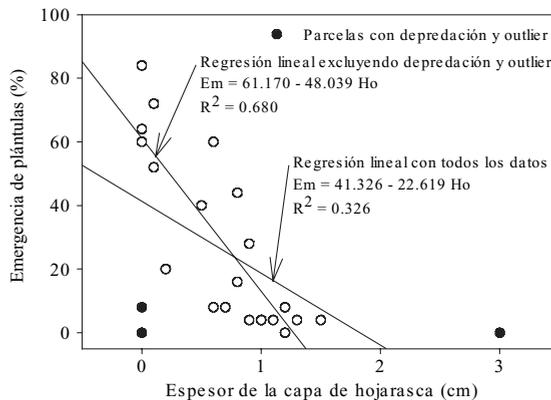


Figura 2. Relación entre espesor de la capa de hojarasca (Ho) y emergencia de plántulas (Em). Se muestran dos ajustes lineales: uno con todos los valores estudiados y otro en el que se han excluido dos puntos correspondientes a parcelas con depredación y un punto con espesor de hojarasca lejos de la media (IC del 95%)

pondientes a dos parcelas con depredación y un punto correspondiente a un micrositio BP con un espesor de la capa de hojarasca que caía fuera del intervalo de confianza del 95% de la media.

Experimento en cámara de incubación

La comparación entre los resultados de germinación potencial realizados en placa Petri y la emergencia de plántulas en sustrato dentro de maceta puso de manifiesto la reducción de la emergencia con respecto a la germinación potencial de las semillas utilizadas (Tabla 2).

Solo la emergencia de plántulas de *T. zygis* presentó diferencias significativas entre sustratos, con mayores valores en EP con respecto a BPMX (Tabla 2). No obstante, el contraste específico entre EP y BP + BPMX mostró que la emergencia de plántulas de *D. harra* y *T. zygis* fue menor en los sustratos con hojarasca de pino que en ausencia de ésta.

En *D. harra* el contraste entre EP y BP + BPMX fue significativo para todas las variables a excepción de la ratio R-T. Las plántulas crecidas en EP tuvieron el doble de longitud, doble número de hojas y 20 veces más biomasa que en BP + BPMX. Según los test post-hoc, las plántulas de *D. harra* presentaron mayores valores de biomasa y número de hojas en EP que en BP o BPMX. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la longitud y la ratio R-T (figura 3).

En *T. zygis* la longitud y la biomasa de plántulas fue significativamente mayor en EP que en BP + BPMX. Los test post-hoc indicaron que las plántulas tuvieron una mayor longitud, biomasa y número de hojas en los tratamientos EP y BPMX que en BP (Figura 3).

Las plántulas de *T. capitatum* mostraron una mayor longitud en EP que en BP + BPMX (Figura 3).

S. tenacissima mostró una mayor longitud y biomasa en EP que en BP + BPMX (Figura 1). Las plántulas en EP presentaron un 28% más de longitud y un 27% más de biomasa que las de BP + BPMX. De acuerdo con los test post-hoc la longitud de las plántulas fue significativamente mayor en EP que en BPMX. Por el contrario, la ratio R-T fue mayor en BPMX que en BP (Figura 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De nuestros resultados se deduce que la capa de acículas de pino puede generar aleopatía en la repoblación estudiada, ya que a menudo el resultado de emergencia o crecimiento de plántulas fue similar en los tratamientos con la capa de acículas intacta (BP) y en aquellos en los que la pinaza se había homogeneizado con el sustrato (BPMX). Estos resultados coinciden con los de FERNÁNDEZ *et al.* (2006), en los que se detectó un efecto alelopático de extractos acuosos de *P. halepensis* sobre la germinación de *Lactuca sativa* y *Linum strictum*. Al respecto cabe decir que FRIEDMAN (1987) sugiere que las sustancias alelopáticas pueden prolongar su actividad en condiciones de aridez.

Los resultados también sugieren que la capa de acículas de pino actuó como barrera mecánica ante la emergencia de plántulas, al menos en *T. zygis*. Este fenómeno ya ha sido señalado por IZHAKI *et al.* (2000). Al respecto cabe decir que la hojarasca dificulta el contacto suelo-semilla (ROTUNDO & AGUIAR, 2005) y por tanto la imbibición necesaria para el inicio de la germinación. Asimismo, la hojarasca también puede obligar a una mayor elongación del hipocotilo para permitir a los cotiledones superar dicho estrato y

Especies	Peso seminal (mg)	Germinación (%)	EP vs BP+BPMX ²	EP ¹	BP ¹	BPMX ¹
<i>D. harra</i>	0,12 ± 0,01	85,6 ± 7,7	*	14,4 ± 4,1 ^a	2,4 ± 1,6 ^a	3,2 ± 1,5 ^a
<i>T. zygis</i>	0,07 ± 0,01	60,0 ± 7,3	*	36,8 ± 9,0 ^a	20,8 ± 5,4 ^{ab}	10,4 ± 5,9 ^b
<i>T. capitatum</i>	0,75 ± 0,05	31,2 ± 6,1	NS	10,4 ± 2,7 ^a	5,6 ± 1,0 ^a	12,8 ± 3,7 ^a
<i>S. tenacissima</i>	4,02 ± 0,08	73,6 ± 5,6	NS	40,8 ± 5,3 ^a	61,6 ± 7,9 ^a	50,4 ± 9,0 ^a

Tabla 2. Emergencia de plántulas (media ± SE) de las cuatro especies estudiadas en cada sustrato. Se indica el peso medio de las semillas y la germinación en placa Petri dentro de cámara. La columna EP vs BP+BPMX indica el resultado del contraste a priori entre EP y los dos tratamientos con hojarasca agrupados. ¹ Para cada columna, medias seguidas por letras distintas indican diferencias significativas (Tukey test, P < 0,05) ² NS = no significativo; * = P < 0,05

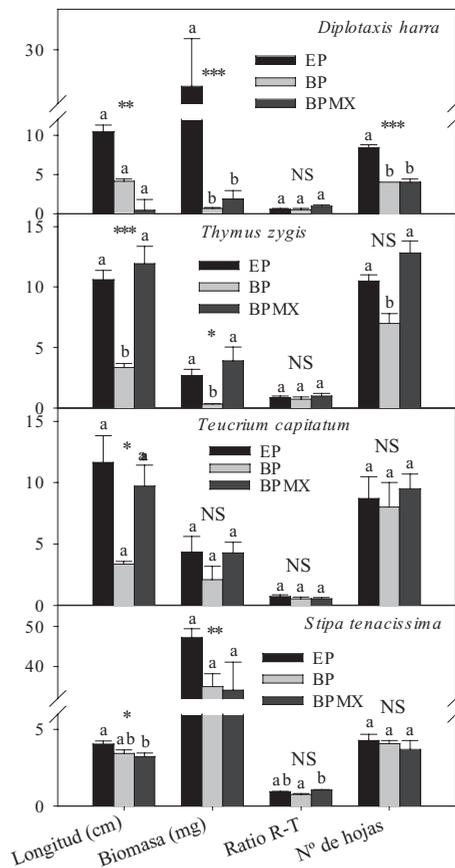


Figura 3. Medias (\pm SE) de las variables de crecimiento en cámara para las plántulas de las cuatro especies estudiadas. Éstas fueron medidas 42 días (*D. harra*), 49 días (*T. zygis*), 35 días (*T. capitatum*) y 56 días después de la emergencia (*S. tenacissima*). Para cada variable y especie, medias seguidas por letras distintas indican diferencias significativas entre micrositos (Tukey, $P < 0,05$). También se indican las diferencias entre EP y BP+BPMX (NS = no significativo; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$)

comenzar a fotosintetizar antes de que se agoten las reservas de éstos. Además, el tamaño de la semilla puede influir en la capacidad de emergencia y crecimiento temprano de las plántulas (KIDSON & WESTOBY, 2000). De hecho, toda semilla tiene un umbral máximo de profundidad a la que puede germinar (TRABA et al., 2004). En este sentido, muchas de las especies colonizadoras secundarias de los pinares de repoblación en ambientes semiáridos presentan generalmente un menor tamaño que las de arbustos de etapas avanzadas de la sucesión vegetal, lo que determina una menor reserva energética del endospermo (KIDSON & WESTOBY, 2000).

Este estudio mostró la interferencia negativa que la capa de acículas de *P. halepensis* produjo sobre la emergencia de *S. tenacissima* en condiciones naturales y sobre la emergencia de *D. harra* y *T. zygis* bajo condiciones controladas. Además, en cámara de incubación el tamaño de las plántulas de las cuatro especies estudiadas también se vio afectado en mayor o menor medida por la hojarasca. El hecho de que *S. tenacissima* se comporte de manera diferente en cámara de incubación con respecto al experimento de campo sugiere que la interacción negativa hojarasca-emergencia puede anularse cuando las condiciones de estrés son atenuadas mediante el

control de la luz, humedad y temperatura en cámara. Por otro lado, de los resultados se desprende una relación positiva entre el tamaño de la semilla y la capacidad de la plántula para emerger, lo que puede tener aplicaciones en la elección de la especie para restauración. La interferencia de la capa de acículas sobre la emergencia de plántulas puede ayudar a explicar la baja riqueza específica encontrada en pinares, tanto de origen natural como repoblados. Estos resultados sugieren la necesidad de un manejo de la capa de acículas bajo los pinares de repoblación para facilitar el desarrollo del sotobosque.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Comisión Europea, Dirección General de Investigación, Programa de Desertificación y Cambio Global, Proyecto RECONDES, GOCE-CT-2003-505361. G.G. Barberá disfrutó de un contrato I3P del CSIC durante su realización.

BIBLIOGRAFÍA

- CARSON, W.P. & PETERSON, C.J.; 1990. The role of litter in an old-field community: impact of litter quantity in different seasons on plant sciences richness and abundance. *Oecologia* 85: 8-13.
- FACELLI, J.M. & PICKETT, S.; 1991. Plant litter: light interception and effects on an old-field plant community. *Ecology* 72(3): 1024-1031.
- FERNÁNDEZ, C.; LELONG, B.; VILA, B.; MEVY, J.-P.; ROBLES, C.; GREFF, S.; DUPOUYET, S. & BOUSQUET-MELOU, A.; 2006. Potential allelopathic effect of *Pinus halepensis* in the secondary succession: an experimental approach. *Chemoecology* 16: 97-105.
- FRIEDMAN, J.; 1987. Allelopathy in desert ecosystem. In: G. Galler (ed.), *Allelochemicals: Role in agriculture and forestry*: 118-128. American Chemical Society. Washington.
- IZHAKI, I.; HENING-SEVER, N. & NE'EMAN, G.; 2000. Soil Seed Banks in Mediterranean Aleppo pine forests: the effect of heat, cover and ash on seedling emergence. *J. Ecol.* 88: 667-675.
- KIDSON, R. & WESTOBY, M.; 2000. Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment. *Oecologia* 125: 11-17.
- MORO, M.J. & DOMINGO, F.; 2000. Litter decomposition in Four Woody Species in a Mediterranean Climate: Weight Loss, N and P Dynamics. *Ann. Bot.* 86: 1065-1071.
- ROTUNDO, J.L.; & AGUIAR, M.R.; 2005. Litter effects on plant regeneration in arid lands: a complex balance between seed retention, seed longevity and soil-seed contact. *J. Ecol.* 93: 829-838.
- RUIZ-NAVARRO, A.; 2005. *Efectos en el suelo a medio plazo de una repoblación forestal en ambiente semiárido*. Proyecto fin de carrera de Ciencias Ambientales. Universidad de Murcia. Murcia.
- TRABA, J.; AZCÁRATE, F.M. & PECO, B.; 2004. From what depth do seeds emerge? A soil seed bank experiment with Mediterranean grassland species. *Seed Sci. Res.* 14: 297-303.