

ESTADO NUTRICIONAL Y ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES LEÑOSAS EN AMBIENTE SEMIÁRIDO

Nutrient status and transplant shock on mediterranean shrubs under semiarid climate

R. Trubat Domenech ¹, J. Cortina Segarra ¹ y A. Vilagrosa Carmona ²

¹ Depto. de Ecología. U. de Alicante. Ap. 99 03080-ALICANTE (España)

² Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). Parque Tecnológico. C/Charles Darwin 14. 46980-PATERNA (Valencia)

Resumen

Hemos utilizado diferentes regímenes de fertirrigación en vivero y fertilizante de liberación lenta para producir brinzales de cinco especies leñosas mediterráneas (*Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Rhamnus alaternus*, *Tetraclinis articulata*) con características morfológicas y funcionales contrastadas, y hemos evaluado el efecto de estos tratamientos sobre la vitalidad (potencial de crecimiento de raíces) y comportamiento en el campo (supervivencia tras el *shock* de transplante). El tamaño de los brinzales varió sustancialmente con los tratamientos. Observamos una relación positiva entre el estado nutricional y el crecimiento potencial de raíces, relación que era consecuencia del tamaño de las plantas. Las deficiencias de nitrógeno y fósforo, la reducción de la dosis de nutrientes o el endurecimiento por reducción de la proporción de N en las últimas fases de cultivo en vivero favorecieron la supervivencia de los brinzales a corto plazo. No observamos relación positiva entre el crecimiento potencial de raíces y la resistencia al *shock* post-transplante. Estos resultados contrastan con los obtenidos en zonas con déficit hídrico menos acusado.

Palabras clave: *Deficiencia de nitrógeno*, *Deficiencia de fósforo*, *Endurecimiento*, *Crecimiento potencial de raíces*, *Shock post-transplante*

Abstract

We have analyzed the effect of different fertilizer types and doses on the morphology and performance of five semiarid shrubs commonly used in afforestation programmes. Species selected had contrasted morpho-functional traits: *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Rhamnus alaternus*, *Tetraclinis articulata*. We found a relationship between application regime and root growth potential (RGP). Most of the variation in RGP was explained by seedling size, suggesting that other effects of nutrient application were less important. Short-term mortality reduced by nitrogen and phosphorus deficiency and nutrient hardening. No positive relationship was observed between RGP and transplant shock. Results contrast with works carried out in sub-humid areas.

Key words: *Nutrient hardening*, *Nitrogen deficiency*, *Phosphorus deficiency*, *Root growth potential*, *Shock post-transplante*

INTRODUCCIÓN

La degradación de ecosistemas semiáridos con frecuencia va acompañada de la desaparición de especies leñosas. Algunas de estas especies forman parte de la vegetación potencial de estas zonas (COSTA, 1986). Además, son componentes esenciales del funcionamiento de los ecosistemas, en términos de producción, protección del suelo, o efectos sobre la biodiversidad. La colonización espontánea de estas especies puede estar limitada por diversas razones (ALCÁNTARA *et al.*, 1999; HOLMGREN *et al.*, 2001).

En medios semiáridos la siembra de especies leñosas propias de estadios tardíos de la sucesión suele mostrar resultados muy pobres (C. Bladé, datos no publicados), por lo que la reintroducción de las mismas se basa casi exclusivamente en la plantación de brinzales producidos en contenedor (MESÓN y MONTAYA, 1993). La fase de vivero ofrece la posibilidad de manipular las características morfo-fisiológicas de los brinzales con el objetivo de mejorar su capacidad de establecimiento en el campo (CORTINA & VALLEJO, en prensa). Sin embargo, no existe aún un consenso sobre qué características morfológicas y funcionales deben ser promovidas y la manera más eficaz de hacerlo (PUTTONEN, 1997; PEÑUELAS Y OCAÑA, 2000). Tradicionalmente, durante la fase de vivero se sometía la planta a condiciones limitantes (riego escaso, substratos de baja calidad, ausencia de fertilización) con el fin de aclimatar los brinzales a las condiciones de campo. Este proceder se ha visto modificado en los últimos años, conforme aparecían evidencias de relaciones positivas entre variables como el tamaño del brinjal y su éxito en el campo (VILAGROSA *et al.*, 1997; SEVA *et al.*, 2000; VILLAR, 2003). Esta concepción se ve reflejada en normativas sobre la calidad cabal y comercial de las partidas (RD 1356/98; Orden 2780/1996 Generalitat Valenciana). Sin embargo, existen indicios de que en medios semiáridos y plantas arbustivas, variables como la altura del tallo o el diámetro del cuello de la raíz resultan pobres predictores del comportamiento de los brinzales en el campo (SEVA *et al.*, 2000).

En este trabajo hemos evaluado la respuesta de cinco especies leñosas típicas de matorrales semiáridos del SE de la Península Ibérica

(*Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Rhamnus alaternus* y *Tetraclinis articulata*) sometidas a diferentes regímenes nutricionales, con el objetivo de explorar la relación entre algunas variables morfológicas y funcionales, y el éxito de las plantaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en los viveros de la Conselleria de Medio Ambiente de Santa Faç (Alicante), con exposición directa al sol. La temperatura media de la estación meteorológica más cercana (Alicante, Ciudad Jardín) es de 17.8C y la precipitación media de 335 mm. En enero de 2002 sembramos semillas de *Pistacia lentiscus*, *Tetraclinis articulata*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides* y *Rhamnus alaternus* de procedencia local (Banc de Llavors Forestals de la Generalitat Valenciana) en contenedores forestales de tipo Super-leach® de 350 cm³ previamente rellenados con una mezcla de turba rubia encalada y no fertilizada, y fibra de coco (1:1, v:v). En uno de los tratamientos la mezcla incluyó 2.5 g L⁻¹ de fertilizante de liberación lenta Plantacote® (FLL en adelante). A partir de abril y con periodicidad semanal aplicamos los seis tratamientos nutricionales restantes a los contenedores que no habían recibido fertilizante, mediante riego individualizado por bandeja. Las soluciones nutritivas utilizadas fueron las siguientes: fertilización óptima (OPT: 185 mg L⁻¹ de N, 60 mg L⁻¹ de P, 120 mg L⁻¹ de K y una solución comercial conteniendo micronutrientes a una dosis de 1.5 mg L⁻¹ de Fe, 1.2 mg L⁻¹ de Mn, 0.6 mg L⁻¹ de Zn, fertilización subóptima (SOP: mitad de la dosis anterior), y NDF, PDF y MDF, tratamientos consistentes en suprimir el aporte de nitrógeno, fósforo y micronutrientes en la solución nutritiva óptima. Finalmente se aplicó un tratamiento de Endurecimiento nutricional (END) consistente en reducir la dosis de N a 40 mg L⁻¹ desde noviembre hasta el final de la fase de cultivo en vivero. La dosis óptima de fertilizante líquido, así como la de fertilizante de liberación lenta, se escogió a partir de las indicaciones recogidas en la bibliografía (LANDIS, 1990) y experiencias propias. Para los riegos efectuados entre sucesivas fertilizaciones se utilizó

agua de la red pública de elevada alcalinidad, con un pH de 7.8 y una CE de 1.86 dS m⁻¹. Estos riegos fueron siempre aplicados al menos 24 horas después de la fertirrigación.

En octubre medimos la altura y diámetro del cuello de la raíz de 40 individuos por especie y tratamiento. También evaluamos el crecimiento potencial de raíces (RGP) a partir del conteo de nuevas raíces surgidas del cepellón de 10 brinzales por especie y tratamiento en condiciones óptimas de humedad y nutrientes durante cuatro semanas. Esta determinación no pudo hacerse en *Tetraclinis articulata* por falta de plantas. Finalmente, en febrero de 2003 llevamos a cabo una plantación experimental en Albufera (Alicante) mediante ahoyado de 40 cm de profundidad efectuado por retroexcavadora conectada a tractor araña, a una densidad de plantación de 1000 pies ha⁻¹. El número de brinzales por especie y tratamiento osciló entre 25 y 35. En abril evaluamos la supervivencia de todo los brinzales plantados, variable que consideramos como indicadora del shock de trasplante.

La altura del tallo y diámetro del cuello de la raíz de los brinzales en octubre de 2003 lo evaluamos mediante ANOVA de dos factores fijos con 5 niveles (Especie) y 7 niveles (Tratamientos), respectivamente, y test a posteriori de Student-Newman-Keuls cuando éste mostró un efecto significativo de los factores.

La relación entre el diámetro del cuello de la raíz y el crecimiento potencial de raíces lo evaluamos mediante análisis de regresión, utilizando una función de tipo potencial. Dado que el resultado de este análisis fue significativo y el valor del coeficiente de regresión elevado, evaluamos el efecto de los tratamientos nutricionales sobre el crecimiento potencial de raíces a partir de la estimación del estadístico H de Kruskal-Wallis aplicado a los residuales de la relación entre el diámetro del cuello de la raíz y esta variable, para cada especie por separado. No pudimos utilizar estadística paramétrica en este caso ante la imposibilidad de homogenizar la varianza. La evaluación del grado de covariación de variables continuas la llevamos a cabo mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Finalmente, evaluamos el efecto de los tratamientos sobre la supervivencia de los brinzales a partir de un análisis log-lineal en

el que comparamos cada uno de los tratamientos con el control en el conjunto de las cinco especies. Todos los análisis estadísticos los llevamos a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS 11.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

RESULTADOS

Altura y grosor del tallo

Los tratamientos nutricionales tuvieron un efecto significativo sobre la altura del tallo y el diámetro del cuello de la raíz, así como sobre la interacción entre éstos y la especie. La deficiencia de N provocó una disminución de la altura, respecto a los brinzales fertirrigados con solución óptima, que osciló entre un 75% (*Pistacia lentiscus* y *Rhamnus alaternus*) y un 50-60% (el resto de especies) (Tablas 1 y 2). La deficiencia de P tuvo un efecto más modesto (reducciones de la altura entre un 20% y 70%), pero afectó de manera análoga a la de N a las distintas especies, por lo que la altura de los brinzales deficientes en N se correlacionó significativamente con la altura de los brinzales deficientes en P ($r=0,976$, $p=0,004$, $N=5$). La nutrición subóptima supuso una reducción de la altura de los brinzales de entre 10-30%. No observamos diferencias significativas entre este tratamiento y el de endurecimiento en lo que respecta a altura del tallo. La deficiencia de micronutrientes no mostró efecto significativo sobre la altura de los brinzales. Finalmente, la aplicación de fertilizante de liberación lenta supuso un incremento significativo de la altura del tallo en todas las especies salvo en *Q. coccifera*.

La respuesta del cuello de la raíz fue, en términos generales, análoga a la del tallo, aunque de menor magnitud. El diámetro del cuello de la raíz de las plantas deficientes en N se correlacionó de manera marginal con el de las plantas deficientes en P ($r=0,828$; $p=0,083$; $N=5$).

No fue posible alcanzar la homocedasticidad en el índice de esbeltez. El análisis no paramétrico indicó un efecto significativo de los tratamientos (datos no mostrados).

Crecimiento potencial de raíces (RGP)

Las plantas deficientes en N y P mostraron una disminución muy sustancial de esta variable (Tabla 1). El endurecimiento tuvo un ligero efec-

	<i>P. lentiscus</i>			<i>R. alaternus</i>			
	ALT(cm)	DCR(mm)	RGP(n°)	ALT(cm)	DCR(mm)	RGP(n°)	
OPT	19.5 ±1.3	4.2 ±0.3	76 ±10	OPT	13.3 ±1.3	3.0 ±0.2	90 ±11
SOP	13.5 ±0.8	3.4 ±0.2	-	SOP	11.0 ±1.0	2.6 ±0.1	60 ±5
END	9.0 ±0.5	2.0 ±0.1	56 ±9	END	9.1 ±0.7	2.7 ±0.1	79 ±7
FLL	24.8 ±0.9	5.8 ±0.2	141 ±18	FLL	19.3 ±1.3	3.8 ±0.2	77 ±11
NDF	4.7 ±0.2	1.6 ±0.1	5 ±1	NDF	3.0 ±0.1	1.5 ±0.1	19 ±2
PDF	7.7 ±0.5	3.0 ±0.2	14 ±2	PDF	4.2 ±0.3	1.9 ±0.1	24 ±2
MDF	16.5 ±1.0	3.3 ±0.1	-	MDF	12.1 ±1.1	2.8 ±0.1	-
	<i>Q. coccifera</i>			<i>R. lycioides</i>			
	ALT(cm)	DCR(mm)	RGP(n°)	ALT(cm)	DCR(mm)	RGP(n°)	
OPT	17.3 ±1.3	3.9 ±0.2	46 ±3	OPT	10.3 ±0.8	2.3 ±0.1	46 ±9
SOP	11.7 ±1.1	3.2 ±0.2	-	SOP	9.0 ±0.6	2.3 ±0.1	-
END	16.1 ±1.4	3.7 ±0.2	68 ±9	END	9.0 ±0.5	2.0 ±0.1	31 ±4
FLL	17.8 ±1.4	4.1 ±0.2	63 ±7	FLL	21.5 ±1.7	3.4 ±0.2	58 ±5
NDF	8.2 ±0.7	3.0 ±0.2	9 ±2	NDF	4.5 ±0.3	1.2 ±0.0	5 ±2
PDF	13.7 ±1.2	3.4 ±0.1	16 ±3	PDF	6.1 ±0.5	1.4 ±0.1	15 ±2
MDF	17.1 ±1.4	4.0 ±0.1	-	MDF	9.9 ±0.5	2.3 ±0.1	-
	<i>T. articulata</i>						
	ALT(cm)	DCR(mm)	RGP(n°)	ALT(cm)	DCR(mm)	RGP(n°)	
OPT	9.8 ±0.6	2.2 ±0.1	-				
SOP	7.8 ±0.4	2.1 ±0.1	-				
END	9.5 ±0.6	2.4 ±0.1	-				
FLL	16.1 ±1.0	4.1 ±0.2	-				
NDF	3.8 ±0.2	1.4 ±0.0	-				
PDF	7.0 ±0.6	1.7 ±0.1	-				
MDF	8.8 ±0.7	2.2 ±0.1	-				

Tabla 1. Altura del tallo, diámetro del cuello de la raíz (DCR) y crecimiento potencial de raíces (RGP) de brinzales de cinco especies arbustivas mediterráneas de una savia en función del tratamiento nutricional. OPT: óptimo, SOP: subóptimo, END: endurecimiento, FLL: fertilizante de liberación lenta, NDF: deficiencia de N, PDF: deficiencia de P y MDF: deficiencia de micronutrientes. Se muestra la media y el error típico de N=10 individuos

to negativo sobre RGP, excepto en *Q. coccifera*. Finalmente, con la excepción de *R. alaternus*, el fertilizante de liberación lenta permitió el máximo crecimiento de raíces. La variable RGP se relacionó muy bien con el tamaño de los plantones para cada especie (*P. lentiscus* $R^2=0,788$; *Q. coccifera* $R^2=0,753$; *R. alaternus* $R^2=0,629$; *R. lycioides* $R^2=0,614$; $p<0,05$ en todos los casos). El análisis no paramétrico (H de Kruskal-Wallis) no mostró un efecto significativo de los tratamientos sobre los residuales de las relaciones anteriores, por lo que el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento potencial de raíces parece estar asociado principalmente a su efecto sobre el tamaño de los brinzales o a alguna variable que covarie con éste.

Supervivencia en el campo

Las diferentes especies ensayadas mostraron respuestas contrastadas al *shock* de transplante (Tabla 3). *T. articulata* mostró las menores tasas de mortalidad a corto plazo, siempre por debajo del 20%. El mayor número de marras correspondió a *Q. coccifera* y *P. lentiscus*, llegando a cerca del 50% en ambos casos. En el conjunto de todas las especies, las deficiencias de nitrógeno y fósforo tuvieron un efecto positivo sobre la supervivencia. Cabe destacar la reducción en la tasa de mortalidad desde un 33% en las plantas control hasta un 0% en *R. alaternus* deficiente en N, o de un 39% a un 14% en *Q. coccifera* control y deficiente en N, respectivamente. La deficiencia de micronutrientes no tuvo efecto

ALTURA DEL TALLO			
FACTOR	F	p	SNK
Especie	64.2	<0,001	(Ta,Ra)<(Ra,Rl)<(Pl)<(Qc)
Tratamiento	189.7	<0,001	(NDF)<(PDF)<(SOP,END)<(MDF,OPT)<(FLL)
Especie x Tratamiento	7.5	<0,001	
DIÁMETRO DEL CUELLO DE LA RAÍZ			
FACTOR	F	P	SNK
Especie	153.3	<0,001	(Ta,Rl)<(Ra)<(Pl)<(Qc)
Tratamiento	151.6	<0,001	(NDF)<(PDF)<(SOP,END)<(MDF,OPT)<(FLL)
Especie x Tratamiento	9.8	<0,001	

Tabla 2. Resultados del análisis de la varianza para evaluar la significación de las diferencias en altura del tallo y diámetro del cuello de la raíz entre especies y en función de los tratamientos nutricionales. SNK: Grupos diferentes según el Test de Student-Newman-Keuls para un nivel de significación de 0,05. Ta: *T. articulata*, Ra: *R. alaternus*, Rl: *R. lycioides*, Pl: *P. lentiscus* y Qc: *Q. coccifera*.

sobre la supervivencia de los brinzales. La nutrición subóptima y el endurecimiento permitieron una mayor supervivencia. En todos los casos, la disminución de la mortalidad gracias a este último tratamiento fue cercana al 50%. La utilización de fertilizante de liberación lenta no tuvo efecto significativo sobre esta variable.

La respuesta a los tratamientos dependió de la especie. La interacción entre Especie y Mortalidad fue significativa para la comparación entre plantas deficientes en fósforo y control, y marginalmente significativa en la comparación entre estas últimas y las plantas deficientes en nitrógeno o micronutrientes. El rango de las respuestas a los tratamientos osciló entre ca. 20% (*T. articulata*, *R. lycioides*) y ca. 30% (*P. lentiscus*, *Q. coccifera*, *R. alaternus*). La mortalidad a corto plazo se correlacionó positivamente con el tamaño de los brinzales en el conjunto de las

cinco especies (resultados no mostrados). En el análisis especie a especie, la mortalidad se correlacionó, negativamente, con el crecimiento potencial de raíces y la dimensiones de la planta (altura del tallo, diámetro del cuello de la raíz) únicamente en *P. lentiscus* (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Las características morfo-funcionales de las especies ensayadas se vieron modificadas por los diferentes regímenes nutricionales. El tamaño de la parte aérea de las plantas deficientes en N y de las plantas deficientes en P se correlacionaron significativamente para el conjunto de las especies ensayadas. Estos resultados han sido observados anteriormente por otros autores (AGREN, 1988; OLSEN & BELL, 1990). En cuanto a la mag-

	Pl	Qc	Ra	Rl	Ta	SPxTR	SP	TR
OPT	35	39	33	15	19	-	-	-
SOP	28	42	8	9	0	0.2008	0.0007	0.0388
END	19	24	0	7	9	0.2614	0.0148	0.0004
FLL	50	27	10	14	13	0.1610	0.0013	0.3481
NDF	18	14	0	14	0	0.0615	0.0418	<0.0001
PDF	16	30	7	30	0	0.0190	0.0752	0.0379
MDF	19	39	32	31	0	0.1013	0.0216	0.6284

Tabla 3. Tasas de mortalidad (%) de brinzales de cinco especies mediterráneas tras tres meses de la plantación en una parcela experimental en la Sierra de Albaterra (Alicante), y nivel de significación del análisis log-lineal aplicado a la comparación entre la tasa de mortalidad de las plantas control (nutrición óptima; OPT) y cada uno de los tratamientos nutricionales (entre paréntesis). SP: factor Especie, TR: factor Tratamiento nutricional

ESPECIE	DCR			RGP		
	r	n.s.	N	r	n.s.	N
<i>P. lentiscus</i>	0.897	0.006	7	0.946	0.015	5
<i>Q. coccifera</i>	0.318	0.487	7	0.323	0.596	5
<i>T. articulata</i>	0.544	0.206	7	-	-	-
<i>R. alaternus</i>	0.427	0.339	7	0.555	0.253	6
<i>R. lycioides</i>	-0.172	0.713	7	-0.334	0.583	5
Todas	0.633	<0.001	35	0.433	0.050	21

Tabla 4. Resultados del análisis de correlación entre la mortalidad a corto de los brinzales de cinco especies leñosas mediterráneas, y el diámetro del cuello de la raíz (DCR) y crecimiento potencial de raíces (RGP). Se muestra el coeficiente de correlación de Pearson, el nivel de significación y el número de réplicas (tratamientos nutricionales). Los resultados de la comparación entre mortalidad y altura del tallo fueron análogos a los del diámetro del cuello de la raíz

nitudo de la respuesta, destacan *P. lentiscus* y *R. alaternus* con una mayor plasticidad, frente a *Q. coccifera*. Es posible que esta diferencia se deba a la utilización de reservas contenidas en la bellota, como sugiere la relación entre el tamaño de la bellota y el comportamiento de los brinzales observada en varias quercíneas (KORMANIK *et al.*, 1998; PEÑUELAS Y OCAÑA, 2000).

Observamos diferencias notables en potencial de crecimiento de las raíces finas. Estas diferencias, no obstante, parecen estar asociadas al tamaño de las plantas, no siendo evidente un efecto del estado nutricional *per se*. Es posible que el efecto positivo de la fertilización sobre estas variables observado en otros trabajos esté también relacionado con el tamaño y no estrictamente con el estado nutricional (SIMPSON & RITCHIE, 1997). *P. lentiscus*, mostró una capacidad de generar nuevas raíces muy superior a la de las otras tres especies. *P. lentiscus* suele proporcionar buenos resultados en plantaciones de campo (VILAGROSA *et al.*, 1997; FONSECA, 1999), resultados que posiblemente están relacionados con la capacidad de formación de raíces observada.

No observamos una relación sólida entre el crecimiento potencial de raíces y la resistencia al *shock* de transplante, e incluso la relación resultó negativa en el caso de *P. lentiscus*. Estos resultados contrastan con los observados en otros estudios (VILLAR, 2003). Es posible que una mayor superficie foliar, y eventualmente una mayor acumulación de reservas, permita a los brinzales la colonización de substratos en condiciones óptimas. Sin embargo esta mayor superficie foliar, y otros posibles cambios

morfo-funcionales asociados a la fertilización, supondrían una mayor tasa de transpiración y con ello una menor capacidad para soportar condiciones de sequía. Estos resultados sugieren que las extrapolaciones sobre calidad de planta hechas en medios más húmedos deben ser tomadas con cautela. No obstante, se debe tener en cuenta que el principal período de mortalidad en medios semiáridos suele ser el primer verano (MAESTRE *et al.*, 2003).

En conclusión, el control de la disponibilidad de nutrientes se muestra como una buena alternativa para manipular las características morfo-funcionales de brinzales y con ello para mejorar la calidad de la planta en medios semiáridos. El crecimiento potencial de raíces resulta un pobre indicador del comportamiento de los plantones en el campo. Si los resultados obtenidos en este estudio a corto plazo se confirman a más largo plazo, probablemente el tamaño óptimo de los brinzales, en términos de comportamiento biológico y condicionantes técnicos, se situaría por debajo del óptimo observado en medios más húmedos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por CEAM-Fundación Bancaja y una beca de investigación concedida a R. Trubat en el marco del proyecto CREOAK. Agradecemos a E. Chirino, Asencio, J.J. Tordesillas, Carolina Espinosa, Jose Huesca, Karen Disante, David Fuentes la ayuda prestada en diversas fases de este estudio. Agradecemos a Carlos Martínez (SSTT-Alicante, Conselleria de

Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana), Luciano Esparcia y a la empresa VAERSA la colaboración para el establecimiento del experimento de campo, y a Felipe Gil y a los SSTT de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana la ayuda prestada para la implementación de los tratamientos de vivero.

BIBLIOGRAFÍA

- AGREN, G.; 1988. Ideal nutrient productivities and nutrient proportions in plant growth. *Plant, Cell and Environment* 11:613-620.
- ALCÁNTARA, J.M.; REY, P.J.; SÁNCHEZ-LAFUENTE, A.M. & VALERA, F.; 2000. Early effects of rodent post-dispersal seed predation on the outcome of the plant-seed disperser interaction. *Oikos* 88: 362-370.
- COSTA, M.; 1986. *La Vegetació al País Valencià*. Publicacions de la Universitat de València.
- CORTINA, J. & VALLEJO, V.R.; 2004. Restoration Ecology. *Encyclopedia of Life Support Systems*. UNESCO-EOLSS Publishers Co. (en prensa; formato digital).
- FONSECA, D.; 1999. *Manipulación de las características morfoestructurales de plantones de especies forestales mediterráneas producidos en vivero. Implicaciones sobre su viabilidad y adaptación a condiciones de campo en ambiente semiárido*. MSc. Thesis IAMZ. Zaragoza.
- HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; EZCURRA, E.; GUTIERREZ, J.R. & MOHREN, G.M.; 2001. El niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(2): 89-94.
- KORMANIK, P.P.; SUNG, S.S.; KORMANIK, T.L.; SCHLARBAUM, S.E. & ZARNOCH, S.J.; 1998. Effects of acorn size on development of northern red oak 1-0 seedlings. *Can. J. For. Res./Rev. Can. Rech. For.* 28(12): 1805-1813.
- MAESTRE, F.T.; CORTINA, J.; BAUTISTA, S.; BELLOT, J. & VALLEJO, V.R.; 2003. Small-scale environmental heterogeneity and spatio-temporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosystems* 6: 630-643.
- MESÓN, M. Y MONTROYA, M.; 1993. *Silvicultura Mediterránea*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- OLSEN, J.K. & BELL, L.C.; 1990. A glasshouse evaluation of critical N and P concentrations and N : P ratios in various plant parts of six eucalypt species. *Aust. J. Bot.* 38: 281-298.
- PEÑUELAS, J.L. Y OCAÑA, L.; 2000. *Cultivo de plantas forestales en contenedor*. Eds. Mundi-Prensa. Madrid.
- PUTTONEN, P.; 1997. Looking for the "silver bullet"- can one yeast do it all? *New Forests* 13: 9-27.
- RUBIO, E.; VILAGROSA, A.; CORTINA, J. Y BELLOT, J.; 2001. Efectos sobre la supervivencia y crecimiento en campo. In: Junta de Andalucía-S.E.C.F. (eds.), *Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio. III Congreso Forestal Español*, II: 527-532. Coria Gráfica. Sevilla
- SEVA, J.P.; VALDECANTOS, A.; VILAGROSA, A.; CORTINA, J.; BELLOT, J. & VALLEJO, V.R.; 2000. *Seedling morphology and survival in some mediterranean tree shrub species*. In: P. Balabanis, D. Peter, A. Ghazi y M. Tsogas (Eds.). *Mediterranean Desertification. Research results and policy implications*: 397-406. EC Report EUR 19303. Brussels.
- SIMPSON, D.G. & RITCHIE, G.A.; 1997. Does RGP predict field performance? A debate. *New Forests* 13: 253-277.
- SOUTH, D.B. & HALLGREN, S.W.; 1997. Research versus operational correlations between seedling survival and root growth potential of shortleaf pine. 1997. *New Forests* 13: 357-365.
- VILAGROSA, A.; SEVA, J.P.; VALDECANTOS, A.; CORTINA, J.; ALLOZA, J.A.; SERRASOLSAS, I.; DIEGO, V.; ABRIL, M.; FERRAN, A.; BELLOT, J. & VALLEJO, V.R.; 1997. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En: R. Vallejo (ed.), *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*: 435-548. Fundación CEAM. Valencia.