

# TÉCNICAS DE VIVERO ORIENTADAS A MEJORAR LA CALIDAD DE BRINZALES DE *QUERCUS SUBER* PARA RESTAURACIÓN DE ALCORNOCALES MEDITERRÁNEOS DEGRADADOS

Esteban Chirino Miranda, Alberto Vilagrosa Carmona y V. Ramón Vallejo Calzada

Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. CEAM-Alicante. Apdo. 99. 03080-ALICANTE (España). Correo electrónico: esteban.chirino@ua.es

## Resumen

Durante los últimos dos siglos, el alcornoque ha visto reducida su masa forestal y en la región mediterránea ha sufrido un proceso general de abandono. Con el objetivo de desarrollar técnicas de recuperación del alcornocal, el grupo de Restauración Forestal de la Fundación CEAM, a través del proyecto europeo CREOAK, ha desarrollado diversos experimentos en vivero aplicando diferentes técnicas en el cultivo de esta especie. El objetivo ha sido mejorar la calidad de la planta para la restauración de alcornocales mediterráneos degradados. Las técnicas aplicadas fueron: 1) Endurecimiento hídrico para favorecer la resistencia al estrés hídrico; 2) Cultivo en contenedores profundos para favorecer el desarrollo de un sistema radical profundo; 3) Manipulación del sustrato de cultivo para incrementar la capacidad de almacenamiento de agua; 4) Plantación de brinzales de 2 savias; y 5) Aplicación de reguladores de crecimiento para evitar un desarrollo excesivo de biomasa aérea en vivero. Los resultados indican que la aplicación de estas técnicas contribuye a mejorar la calidad de los brinzales de *Q. suber*; y en consecuencia, a mejorar los resultados en la restauración de los alcornocales.

Palabras clave: *Endurecimiento hídrico, Contenedor profundo, Hidrogeles, Reguladores de crecimiento*

## INTRODUCCIÓN

El alcornoque (*Quercus suber* L.) es una especie de gran importancia ecológica y económica en la región mediterránea (BELLAROSA, 2000; YESSAD, 2000). Durante el siglo XIX y primera mitad del XX, la extracción indiscriminada de corcho provocó una gran pérdida de alcornocales en esta región (BELLAROSA, 2000) y más recientemente, los incendios forestales han contribuido al avance de la degradación de estas formaciones. La fragilidad de estos ecosistemas, las adversidades climáticas y antrópicas

y la lentitud de la regeneración natural, conceden a la restauración forestal un papel importante en la recuperación de los alcornocales mediterráneos y en este contexto, frecuentemente parte del éxito o fracaso de las actuaciones de reforestación se relacionan con la calidad de la planta, las particularidades pluviométricas del año y el tipo de suelo (VILAGROSA et al., 1997; ALLOZA, 2003; TSAKALBIMI et al., 2005). Aunque en la actualidad se han constatado avances en la producción de planta forestal de calidad, es conveniente revisar las técnicas de cultivo tradicionales (VILAGROSA et al., 2001) e

incorporar nuevas tecnologías en los protocolos de cultivo en vivero. Los atributos morfo-funcionales óptimos que deben singularizar una planta para su introducción en ecosistemas secos y semiáridos requieren de la investigación y constante actualización; y en este empeño, la fase de cultivo en vivero adquiere una relevante importancia. El objetivo de este trabajo es mostrar los ensayos realizados en vivero y los efectos de los diferentes tratamientos sobre las características morfológicas y fisiológicas de brinzales de *Q. suber* y su respuesta en condiciones de campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Bellotas de *Quercus suber* L. procedentes de la Sierra de Espadán fueron cultivadas en el vivero de Santa Faz (Alicante) en 5 ensayos experimentales: 1) *Efectos del endurecimiento hídrico en las características morfológicas y respuesta en campo*. Se establecieron dos regímenes de riego en vivero: riego control (Rmod) y endurecimiento hídrico (Rmin), manteniendo igual dosis pero diferente frecuencia de irrigación. Los tratamientos se aplicaron desde la fase de crecimiento rápido (CHIRINO et al., 2004). 2) *Uso de contenedores profundos para favorecer el desarrollo de la raíz pivotante*. Se cultivó en contenedores paperpot de diferente profundidad: contenedor PL-18 de profundidad estándar (18 cm) y contenedor PL-30 de mayor profundidad (30 cm). El diámetro fue 5 cm en ambos contenedores (CHIRINO et al., 2005). Con la finalidad de corregir algunas desventajas del envase paperpot, se realizó una segunda fase en la que se utilizaron contenedores de similares dimensiones (CCS-18 y CCL-30) pero con envoltura de polietileno de alta densidad (PDA), costillas interiores antiespiralizantes y malla en la parte inferior para facilitar el repicado aéreo. 3) *Manipulación del sustrato de cultivo para incrementar la capacidad de almacenamiento de agua*. Se establecieron 11 tipos de sustrato a partir de la mezcla del sustrato control (turba rubia y fibra de coco, 1:1 v/v) con hidrogel RP400 y Bures al 3 y 6% (m/m), corteza de pino (25% v/v) y arcillas atapulgita y sepiolita (10 y 20% v/v). En parcelas experimentales sólo se

plantaron 6 tratamientos (Control, hidrogeles RP400 y Bures al 3 y 6% y arcilla sepiolita-10%). 4) *Comparación del tiempo de cultivo en vivero sobre las características morfofuncionales y la respuesta en campo*. Se cultivaron brinzales de 1 y 2 savias en condiciones similares (envase, sustrato, riego y fertilización). 5) *Efectos de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la calidad morfofuncional*. Se aplicaron en el sustrato 50 ml de paclobutrazol (PBZ) en dosis de 1, 5 y 25 mg/planta, ethefton (ETF) en dosis de 100, 500 y 1500 mg/planta y cloromequat chloride (CCC) en dosis de 5, 15 y 30 mg/planta. En parcelas experimentales sólo se plantaron 4 tratamientos (Control, PBZ-5, ETF-100 y CCC-15).

En todos los ensayos el cultivo se realizó en contenedores de 300 cc y profundidad 18 cm, excepto en el ensayo nº 2 (contenedores profundos). El sustrato fue una mezcla de turba rubia y fibra de coco (1:1 v/v). El riego y la fertilización (formula completa) se aplicó en función del desarrollo del cultivo. Se establecieron parcelas experimentales en la Sierra de Espadán (Castellón, España), excepto en el cultivo en envase de PDA. Al finalizar la fase de cultivo en vivero y en campo (durante 2-3 años), se evaluaron variables morfológicas y fisiológicas de los brinzales. Las mediciones de biomasa en vivero y campo (excavación de brinzales) se realizaron según la metodología convencional (peso seco, 48 horas en estufa a 65°C). Se calculó el Índice de Calidad de Dickson (LUIS et al. 2004). Se realizaron Pruebas de Crecimiento Potencial de Raíces (*CPR test*) en sustrato de arena de sílice. En vivero, se utilizó el IRGA-Li-6400 (LiCor, Nebraska, USA) para las mediciones de transpiración (*E*) y tasa de fotosíntesis (*A*) en los ensayos 1 y 3; y para la medición de conductancia estomática (*Gs*) en el ensayo 1. En campo también se empleó en la medición de estas variables en los ensayos 2 y 4. En los ciclos de sequía en vivero y en el ensayo nº 3 en campo, se midió *Gs* utilizando el Porómetro AP4 (Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK). *Fv/Fm* al alba fue medida con el Fluorímetro PAM-2100 (Walz, Effeltrich, Germany) y el contenido de clorofila en hojas con el analizador SPAD-505 Minolta. La conductancia hidráulica del sistema radical fue medida en el ensayo nº 1 por el méto-

do de la Bomba de Scholander incrementando la presión (TRUBAT *et al.*, 2006) y en el ensayo n° 2 mediante el equipo High Pressure Flowmeter (HPFM, Dynamax S.A., Houston). El contenido de carbono 13 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) en la raíz principal se determinó mediante espectrometría de masas. El análisis estadístico se realizó con el sistema de programas estadísticos SPSS® versión 13,0 (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El endurecimiento hídrico debe contribuir a mejorar la resistencia de los brinzales a las condiciones de estrés hídrico en que serán plantados. Su aplicación en ciclos cortos y durante la última fase de cultivo en vivero no ha tenido resultados concluyentes, siendo las respuestas muy diversas (VILAGROSA *et al.*, 2003; VILLAR-SALVADOR, 2004). En este ensayo, la aplicación del endurecimiento hídrico (Rmin) desde la fase de crecimiento rápido, permitió manipular las características morfológicas y la distribución de biomasa de los plantones (Tabla 1), obteniéndose brinzales con características morfológicas más adecuada para resistir las condiciones de estrés hídrico, por ejemplo con mayores valores en las relaciones BS/BA y BS/Biomasa total. El mayor  $\delta^{13}\text{C}$  en la raíz de los brinzales endurecidos corroboró el efecto del tratamiento aplicado. En campo, después del primer verano, los brinzales no endurecidos redujeron su altura notablemente mediante la pérdida parcial de biomasa aérea. Estos efectos fueron menos patentes en los brinzales endurecidos, los cuales alcanzaron mayor profundidad de enraizamiento, mayor biomasa de nuevas raíces colonizando el hoyo de plantación respecto a su BA y además tendieron a presentar mayor supervivencia, manteniendo una diferencia superior al 10% (Rmin: 43%; Rmod: 31%; 32 meses en plantación).

*Q. suber* es una especie que desarrolla una importante raíz pivotante durante el período de cultivo en vivero. En consecuencia, contenedores poco profundos y de pequeño volumen pueden restringir la disponibilidad de agua y nutrientes e imponer limitaciones físicas al crecimiento del sistema radical (APHALO & RIKALA, 2003; DOMÍNGUEZ-LERENA *et al.*,

2006). El cultivo de *Q. suber* en contenedores profundos *paperpot* (PL-30) permitió producir brinzales con una raíz principal más larga, menor BA, mayor relación BS/BA y BS/Biomasa total (Tabla 1). En campo, los brinzales en PL-30 mantuvieron mayor relación BS/BA, desarrollaron mayor biomasa de nuevas raíces colonizando el hoyo de plantación y alcanzaron mayor profundidad de enraizamiento. Además, en el segundo año, tendieron a mostrar mayores tasas de intercambio gaseoso (*G<sub>s</sub>*, *E* y *A*) que los brinzales cultivados en el envase de profundidad estándar (PC-18). La supervivencia en ambos contenedores después de 32 meses fue superior a 95%. En vivero, el envase *paperpot* presentó altas pérdidas de agua por evaporación desde el substrato, facilitó el entrecruzamiento de las raíces secundarias entre brinzales y afectó el crecimiento y distribución de las raíces finas a lo largo de la profundidad del envase. Estas desventajas motivaron desarrollar la segunda fase de este ensayo. En esta fase, el contenedor profundo CCL-30 de PAD produjo brinzales con mayor biomasa en las diferentes fracciones, no afectó la relación BS/BA y mostró mayor Índice de calidad de Dickson. Los brinzales en CCL-30 presentaron una raíz principal más larga, lo que permitió colocar la punta de raíz a mayor profundidad y alcanzar antes las capas más profundas. Aunque no hubo diferencias respecto a la biomasa de nuevas raíces (*CPR test*), los brinzales en contenedor profundo desarrollaron mayor número y biomasa de nuevas raíces a mayor profundidad. De igual forma, presentaron mayor capacidad de transporte de agua a través del sistema radical expresado en valores de  $K_{T_{AF}}$ , lo que se reflejó en un balance favorable entre la pérdida y captación de agua favoreciendo un buen estatus hídrico (*G<sub>s</sub>*) en condiciones de sequía. Resultados similares han señalado NARDINI *et al.* (1999) y PEMÁN *et al.* (2006).

Los hidrogeles han sido utilizados más frecuentemente como enmiendas en suelos arenosos, franco arenoso y franco arcillo arenoso (HÜTTERMANN, *et al.*, 1999; VIERO *et al.*, 2002; AKHTER *et al.*, 2004). Su uso como enmienda en substratos de turba es menos frecuente. En este ensayo, los resultados indicaron que la mezcla de hidrogeles con el substrato favoreció una

Variables	Endurecimiento hidrico	Contenedor profundo de <i>paperpot</i>	Contenedor profundo de PAD	Enmiendas en el sustrato de cultivo en vivero Hidrogel al 6%		Tiempo de cultivo en vivero	Reguladores de crecimiento
	Rmin	PL-30	CCL-30	RP400	Bures	2 savias	ETF-100
<b>Variables morfológicas al finalizar el cultivo en vivero</b>							
Altura	↓ *	)	)	↓ ***	)	↑ **	)
Diámetro	↓ *	↓ *	)	)	)	)	↓ **
Índice de Esbeltez	↓ *	)	)	)	)	)	)
Longitud raíz principal	)	↑ ***	↑ ***	)	)	)	)
Peso seco de hojas	↓ ***	↓ *	↑ **	)	)	↑ **	↓ ***
Peso seco de tallo	↓ ***	↓ *	↑ *	)	)	↑ **	↓ ***
Biomasa aérea (BA)	↓ ***	↓ *	↑ ***	)	)	↑ ***	↓ **
Peso seco raíz > 2 mm	↓ ***	)	↑ ***	)	)	↑ ***	↓ **
Peso seco raíz < 2 mm	↓ ***	)	↑ ***	)	)	↑ *	)
Biomasa subterránea (BS)	↓ **	)	↑ ***	)	)	↑ ***	↓ **
BS/BA	↑ ***	↑ ***	)	)	)	)	)
BS/Biomasa total	↑ ***	↑ ***	)	)	)	)	)
Índice de Calidad de Dickson	)	)	↑ ***	)	)	↑ *	↑ *
Área foliar (AF)	↓ ***	↓ *	)	)	)	↑ ***	)
Longitud raíz < 2 mm	↓ *	↓ ***	)	)	)	↑ *	)
Sup. Absorbente raíz <2 mm (SA)	↓ **	↓ **	)	)	)	↑ **	)
SA:AF	)	↓ *	)	)	)	)	)
Biomasa de nuevas raíces (CPR test)	)	)	)	)	)	↑ *	)
<b>Variables fisiológicas al finalizar el cultivo en vivero</b>							
Conductancia estomática ( <i>G<sub>s</sub></i> )	) <sup>(2)</sup>	)	↑ ** <sup>(1)</sup>	) <sup>(1)</sup>	↑ * <sup>(1)</sup>	)	) <sup>(2)</sup>
Transpiración ( <i>E</i> )	)	)	)	) <sup>(2)</sup>	) <sup>(2)</sup>	↓ *** <sup>(1)</sup>	) <sup>(2)</sup>
Tasa de fotosíntesis ( <i>A</i> )	) <sup>(2)</sup>	)	)	) <sup>(2)</sup>	) <sup>(2)</sup>	)	)
Fluorescencia al alba ( <i>F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub></i> )	) <sup>(2)</sup>	)	)	) <sup>(2)</sup>	) <sup>(2)</sup>	)	)
Contenido de clorofila ( <i>SPAD</i> )	) <sup>(2)</sup>	)	)	) <sup>(2)</sup>	) <sup>(2)</sup>	)	) <sup>(2)</sup>
Conductancia hidráulica /AF ( <i>K<sub>rAF</sub></i> )	↑ **	)	↑ *	)	)	)	)
<b>Variables morfológicas en campo</b>							
Supervivencia	)	)	)	↑ *	↑ *	)	)
Altura	)	)	)	)	)	↑ *	)
Diámetro	)	)	)	)	)	↑ **	)
Biomasa aérea	↓ ***	)	)	)	)	↑ **	)
Biomasa subterránea	↓ **	)	)	)	)	↑ **	)
BS/BA	)	↑ **	)	)	)	)	)
Nº de nuevas raíces	)	)	)	)	)	)	)
Biomasa de nuevas raíces	)	↑ *	)	)	)	)	)
Biomasa de nuevas raíces/BA	↑ *	)	)	)	)	)	)
Profundidad de enraizamiento	↑ *	↑ *	)	)	)	)	)
<b>Variables fisiológicas en campo</b>							
Conductancia estomática ( <i>G<sub>s</sub></i> )	)	)	)	)	↑ *	↓ *	)
Transpiración ( <i>E</i> )	)	)	)	)	)	↓ **	)
Tasa de fotosíntesis ( <i>A</i> )	)	)	)	)	)	↓ *	)
Eficiencia en el uso del agua ( <i>WUE</i> )	)	)	)	)	)	↑ **	)
Fluorescencia al alba ( <i>F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub></i> )	)	)	)	)	)	)	)
δ <sup>13</sup> C en raíz > 2 mm	↑ *	)	)	↓ **	)	)	)

**Tabla 1.** Resumen de la evaluación de variables morfológicas y fisiológicas en vivero y campo en los diferentes ensayos (Comparaciones respecto al tratamiento control). Símbolos: ↑ Aumento, ↓ Disminución, ) Ningún efecto, Celda vacía indica variable no medida. Nivel de significación: \*\*\*  $P < 0,000$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$ .<sup>(1)</sup> – Ciclo de Sequía.<sup>(2)</sup> – Mediciones en condiciones de humedad óptima del sustrato. CPR: Crecimiento Potencial de Raíces

mayor capacidad de almacenamiento de agua en el cepellón, mostrando los brinzales mayor potencial hídrico en condiciones de sequía provocada. Similares resultados han sido obtenidos por HÜTTERMANN *et al.* (1999), AKHTER *et al.* (2004) y ARBONA *et al.* (2004). El uso de hidrogel de grano fino (RP400) y de grano medio (Bures) mezclados con el substrato al 6% no afectó a las variables morfológicas de los brinzales en vivero y en campo (Tabla 1); pero después de 16 meses en campo, ambos tratamientos presentaron mayor supervivencia que el control (RP400: 75%; Bures: 64%; Control: 48%). Estos resultados coinciden con lo observado por otros autores (HÜTTERMANN *et al.*, 1999; VIERO *et al.*, 2002; ARBONA *et al.*, 2004). Respecto al control, los brinzales cultivados en hidrogel fino mostraron menor  $\delta^{13}C$  y los cultivados en hidrogel de grano medio presentaron mayor *Gs*, lo que indicó menor exposición a condiciones de estrés y mejor estatus hídrico en cada caso.

La Directiva 1999/105/CE del Consejo de Europa (DOCE del 15-01-2000) contempla la comercialización de brinzales de 2 savias de algunas especies forestales para regiones de clima mediterráneo y establece los parámetros de calidad cabal, fundamentalmente en *Pinus* y *Quercus*. No obstante, diversas razones desaconsejan el cultivo de dos savias (PEÑUELAS Y OCAÑA, 1996). Estas razones corresponden a aspectos morfológicos y de manipulación en vivero. Sin embargo, la evaluación de parámetros fisiológicos puede aportar resultados en otras direcciones. En el ensayo nº 4, al finalizar la etapa de cultivo en vivero, los brinzales de 2 savias presentaban mayor desarrollo (Tabla 1), pero mostraban similares proporciones en biomasa (relaciones BS/BA, BS/Biomasa total) y en la relación SA/AF. En campo no se observaron diferencias en supervivencia a los 32 meses (1 savia: 98%; 2 savias: 93%). Los brinzales de 2 savias mantuvieron mayor desarrollo y mostraron mayor eficiencia en el uso del agua, ejerciendo un mayor control sobre la pérdida de agua por transpiración, resultado análogo al observado en vivero. Resultados similares en morfología y supervivencia obtuvieron NAVARRO *et al.* (2006) en brinzales de *A. pinsapo* de 3 savias respecto a los de 2 savias. Los resultados observados no justifican el cultivo en

dos savias como norma; pero sí, el aprovechamiento de brinzales no plantados en campo después del primer año en vivero.

El uso de reguladores de crecimiento puede modificar las relaciones de biomasa en aquellas especies que presentan un elevado crecimiento en vivero como el *Q. suber*. En vivero y campo, la aplicación de PBZ-5 y ETF-100 tuvo un efecto inhibitorio sobre el crecimiento y la biomasa respecto al tratamiento control, observándose menor efecto con CCC-15. Resultados similares reportaron LUORANEN *et al.* (2002) y PARDOS *et al.* (2005). Los tratamientos no afectaron a las variables fisiológicas (Tabla 1). Después de 22 meses en plantación no se observaron diferencias estadísticas en supervivencia (ETF-100: 66% y Control: 63%, CCC-15: 57% PBZ-5: 40%).

### Agradecimientos

Esta investigación fue parcialmente financiada por el proyecto europeo CREOAK (QLRT-2001-01594) y los proyectos nacionales SUROS (REN2002-11326-E), XILREFOR (GV 03/155) y APLITEC (GV 05/208). Agradecemos a los Servicios Territoriales de Medio Ambiente en Alicante y al personal del vivero de Santa Faz por facilitarnos el uso de sus instalaciones. La Fundación CEAM está financiada por la Generalitat Valenciana y BANCAJA.

### BIBLIOGRAFÍA

- AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK, K.A.; MARDAN, A.; AHMAD, M. & IQBAL, M.M.; 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedlings growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environ.* 50 (10): 463-469.
- AL-HUMAIM, A.I.; 2005. Effects of hydrophilic polymer on the survival of bottonwood (*Conocarpus erectus*) seedlings grown under drought stress. *Eur. J. Hortic. Sci.* 70 (6): 283-288.
- ALLOZA, J.M.; 2003. *Análisis de repoblaciones forestales en la comunidad valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de*

- evaluación*. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia
- APHALO, P. & RIKALA, R.; 2003. Field performance of silver-birch planting-stock growth different spacing and in container of different volume. *New Forests* 25: 93-108.
- ARBONA, V.; IGLESIAS, D.J.; JACAS, J.; PRIMOMILLO, E.; TALON, M. & GÓMEZ-CÁRDENAS, A.; 2005. Hidrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant Soil* 270: 73-82.
- BELLAROSA, R.; 2000. Introduction: brief synthesis of the current knowledge on cork oak. Pp 11-22. In: M.C. Varela (ed.), *Evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies*. Handbook, concerted action. FAIR 1 CT 95-0202. INIA-Estação Florestal Nacional. Lisboa.
- CHIRINO, E.; VILAGROSA, A. Y RUBIO, E.; 2004. Efectos de la reducción del riego y la fertilización en las características morfológicas de *Quercus suber*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17: 51-56.
- CHIRINO, E.; VILAGROSA, A.; FERNÁNDEZ, R. Y VALLEJO, R.; 2005. Uso de contenedor profundo en el cultivo de quercíneas. Efectos sobre el crecimiento y distribución de biomasa. En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), *Actas del IV Congreso Forestal Nacional*. CD-Rom. Imprenta Repes. Zaragoza.
- DOMÍNGUEZ-LERENA, S.; HERRERO, N.; CARRASCO, I.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS, J.L. & MEXAL, J.G.; 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedlings development in the nursery and field. *Forest Ecol. Manage.* 221: 63-71.
- HÜTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M. & REISE, K.; 1999. Addition of hydrogels to soil prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings to drought. *Soil Till. Res.* 50: 295-304.
- LUIS, V.C.; PETER, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.M.; JIMÉNEZ, M.S. & MORALES, D.; 2004. Testing nursery plant quality of Canary island pine seedlings under different cultivation methods. *Phyton-Ann. Rew. Bot. A.* 44: 231-244.
- LUORANEN, J.; RIKALAI, R. & APHALO, P.J.; 2002. Effect of CCC and daminozide on growth of silver birch container seedlings during three years after spraying. *New Forests* 23: 71-80.
- NARDINI, A.; LOGULLO, M.A. & SALLES, S.; 1999. Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species. *Plant Cell Environ.* 22: 109-116.
- NAVARRO, R.; RETAMOSA, M.J.; LOPEZ, J.; DEL CAMPO, A.; CEACEROS, C. & SALMORAL, L.; 2006. Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss. *Ecol. Eng.* 27: 93-99.
- PARDOS, M.; CALAMA, R.; MONTERO, G. & PARDOS, J.A.; 2005. Growth of container-grown cork oak seedlings as affected by foliar and soil application of paclobutrazol. *HortScience* 40(6): 1773-1776.
- PEMÁN, J.; VOLTAS, J. & GIL PELEGRÍN, E.; 2006. Morphological and functional variability in the root system of *Quercus ilex* L. subject to confinement: consequences for afforestation. *Ann. For. Sci.* 63: 425-430.
- PEÑUELAS, J.L. Y OCAÑA, L.; 1996. *Cultivo de plantas forestales en contenedor*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- TRUBAT, R.; CORTINA, J. & VILAGROSA, A.; 2006. Plant morphology and root hydraulics are altered by nutrient deficiency in *Pistacia lentiscus* (L.). *Trees* 20: 334-339.
- TSAKALDIMI, M.; ZAGAS, T.; TSITSONI, T. & GANATSA, P.; 2005. Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak species raised in different container type. *Plant Soil* 278: 85-93.
- VIERO, P.W.M.; CHISWELL, K.E.A. & THERON, J.M.; 2002. *The effect of soil-amended hydrogel on the establishment of Eucalyptus grandis clone on sandy clay loam soil in Zululand during winter*. Mondi Forest. South Africa.
- VILAGROSA, A.; CATURLA, R.N.; HERNÁNDEZ, N.; CORTINA, J.; BELLOT, J. Y VALLEJO, V.R.; 2001. Reforestaciones en ambiente semiárido del sureste peninsular. Resultados de las investigaciones desarrolladas para optimizar la supervivencia y el crecimiento de especies autóctonas. En: SECF-Junta de Andalucía (eds.), *Actas del III Congreso Forestal*

- Español. Montes para la sociedad del nuevo milenio*: 213–219. Gráficas Coria. Sevilla.
- VILAGROSA, A.; CORTINA, J.; GIL-PELEGRÍN, E. & BELLOT, J.; 2003. Suitability of drought preconditioning techniques in Mediterranean climate. *Restor. Ecol.* 11: 208-216.
- VILAGROSA, A.; SEVA, J.P.; VALDECANTOS, A.; CORTINA, J.; ALLOZA, J.A.; SERRASOLSAS, I.; DIEGO, V.; ABRIL, M.; FERRÁN, A.; BELLOT, J. Y VALLEJO, V.R.; 1997. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En: V. R. Vallejo (ed.), *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*: 435-546. CEAM-Generalitat Valenciana. Valencia.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRIQUE, E. & PEÑUELAS-RUBIRA, J.; 2004. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes and field performance relationship in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecol. Manage.* 196: 257-266.
- YESSAD, S.A. 2000. *Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale*. ASBL Forêt Wallonne. Belgium.