

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN OTOÑAL EN VIVERO SOBRE LA CALIDAD DE PLANTA DE ENCINA Y SU RESPUESTA POST-TRANSPLANTE

**Enrique Andivia Muñoz, Manuel Fernández Martínez, Javier Vázquez-Piqué y Reyes Alejano Monge**

Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Campus Universitario de La Rábida. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva, España). Correo electrónico: enrique.andivia@dcaf.uhu.es

## Resumen

Los programas de restauración forestal con encina han obtenido un éxito limitado, debido a su vulnerabilidad a las condiciones de estrés ambiental y a la deficiente calidad de la planta usada. Una de las herramientas para la modificación de la calidad de planta producida en vivero es la manipulación de la disponibilidad de nutrientes. Por ello hemos realizado distintos ensayos combinando dosis de N-P-K, aplicadas durante el otoño, y hemos constatado el efecto sobre la calidad de la planta de encina. La aplicación otoñal de las dosis elevadas, especialmente con N, mejoró el crecimiento, el estado nutricional de las plantas, la tolerancia al frío y la capacidad de crecimiento de las raíces. Sin embargo, en la respuesta post-transplante en campo no se constató el efecto de la nutrición siendo más determinante la fecha de plantación. Otro aspecto importante a tener en cuenta en los programas de restauración es la procedencia de las semillas. Por ello hemos evaluado el efecto de dos procedencias de semillas de encina, una más fría (Alcarria, *ALC*) y otra más cálida (Sierra Morena occidental, *HU*) en la tolerancia al frío de las plantas, además de estudiar la respuesta de las mismas a diversas dosis de fertilización otoñal en vivero. Los resultados indicaron una diferente asimilación y/o acumulación de nutrientes en cada procedencia, además de una distinta adaptación al estrés por heladas.

Palabras claves: *Nutrición mineral, Estrés, Restauración forestal, Heladas, Procedencia*

## INTRODUCCIÓN

La encina (*Quercus ilex* ssp. *ballota*) por su importancia ambiental, económica y social es una de las especies forestales más emblemáticas de la península ibérica. Sin embargo en la actualidad los encinares y dehesas están sufriendo procesos de decaimiento, deterioro y mortandad, fruto en parte de su escasa regeneración natural y el envejecimiento del arbolado. Por todo ello su presencia en programas de restauración forestal se ha visto incrementado en los últimos 10

años (VILLAR-SALVADOR et al., 2004). Sin embargo el éxito de estas repoblaciones ha sido a menudo muy escaso (ANDIVIA et al., 2011a) indicando que estamos ante una especie muy vulnerable a factores de estrés durante sus primeros años de vida.

Un aspecto que podría mejorar el establecimiento en campo de esta especie y aumentar el éxito de las repoblaciones es la optimización de la nutrición mineral y la mejora de la calidad de planta en vivero. A pesar de que existen evidencias de que la fertilización mejora los atributos

morfo-fisiológicos de las plantas (ANDIVIA *et al.*, 2011a; ANDIVIA *et al.*, 2011b; OLIET *et al.*, 2009; OLIET *et al.*, 2011) y su establecimiento en campo (VILLAR-SALVADOR *et al.*, 2004), en la práctica no se dispone de un patrón común para su cultivo en vivero comercial. Otro aspecto a tener en cuenta es que en España la legislación sobre el uso de semillas de distintas regiones de procedencia de una especie para repoblaciones, establecida en 2003, supone una recomendación y no una verdadera obligación (ALÍA *et al.*, 2005), además no se ha verificado si el uso de semillas de regiones inapropiadas puede afectar la supervivencia de las repoblaciones de esta especie.

Nuestro objetivo es evaluar el efecto de un programa específico de fertilización, la fertilización en la fase de endurecimiento otoñal, sobre los parámetros de calidad de planta de encina producida en vivero y su éxito post-transplante, así como evaluar el distinto comportamiento de dos procedencias de semillas de encina de climas contrastados sobre la resistencia las heladas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Producción de planta

Las bellotas recogidas fueron conservadas a 2-3°C, manteniendo la humedad, y pregerminadas en el mes de enero siguiente a la montanera, en una cámara de cultivo a 20°C.

Posteriormente, en febrero, las bellotas germinadas se llevaron a un vivero situado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Huelva y se plantaron en contenedores Plasnor® de 300 cm<sup>3</sup>, usando como substrato turba rubia Kekkilä® B0 (pH corregido 6.0).

Durante las primeras 28 semanas se aplicó un régimen de fertilización constante usando el fertilizante comercial Peters professional® 20-20-20 en disolución 125 ppm de N, 54 ppm de P y 104 ppm de K, con cada planta recibiendo una dosis única semanal de 2,500 mg de N, 1,088 mg de P y 2,075 mg de K. En consecuencia cada planta recibió al final de las 28 semanas 70,0 mg de N, 30,5 mg de P y 58,1 mg de K. En las siguientes 12 semanas (octubre-diciembre) y coincidiendo con la fase de endurecimiento de la planta (otoño) se modificaron las dosis de N, P y K dando lugar a distintos tratamientos de fertilización tal y como se observa en la tabla 1.

### Ensayos

Durante el estudio se llevaron a cabo tres ensayos:

*Ensayo 1:* En este ensayo se evaluaron los tratamientos del 1 al 8 aplicados a un total de 960 plantas (120 plantas por tratamiento) de la región de procedencia *Sierra Morena Occidental*. En este ensayo se evaluaron parámetros morfológicos en 12 plantas por tratamiento: altura, diámetro y los pesos secos de hojas, tallos y raíces calculando el peso seco de

Tratamiento				mg últimas 12 semanas		
				N	P	K
1	$N_1$	$P_1$	$K_1$	30,0	13,1	24,9
2	$N_1$	$P_{1/50}$	$K_1$	30,0	0,3	24,9
3	$N_1$	$P_1$	$K_{1/50}$	30,0	13,1	0,5
4	$N_1$	$P_{1/50}$	$K_{1/50}$	30,0	0,3	0,5
5	$N_{1/20}$	$P_1$	$K_1$	1,5	13,1	24,9
6	$N_{1/20}$	$P_{1/50}$	$K_1$	1,5	0,3	24,9
7	$N_{1/20}$	$P_1$	$K_{1/50}$	1,5	13,1	0,5
8	$N_{1/20}$	$P_{1/50}$	$K_{1/50}$	1,5	0,3	0,5
0N	$N_0$	$P_1$	$K_1$	0,0	13,1	24,9
2N	$N_2$	$P_1$	$K_1$	60,0	13,1	24,9

**Tabla 1.** Cantidad total de N, P y K aplicadas a cada una de las plantas durante las 12 semanas de la fase de endurecimiento de las plantas en este estudio

la parte aérea y la ratio parte aérea raíz. También se analizó la concentración en hojas, raíz y tallos de N, P, K, azúcares solubles (SS) y almidón (St) en las mismas 12 plantas. Asimismo se evaluó visualmente (DV) la resistencia al frío mediante ensayos de hoja suelta (ANDIVIA et al., 2011a; FERNÁNDEZ et al., 2007), en 4 plantas por tratamiento y temperatura, a las temperaturas de -6°C; -7°C; -8°C y -10°C. Estos ensayos consisten en someter a hojas sueltas de las plantas a un ciclo de frío hasta una determinada temperatura mínima. Además se evaluó la capacidad de crecimiento radical (CCR) en 8 plantas por tratamiento. Para ello las plantas se transplantaron a contenedores de 2,5 L, rellenos con perlita y cortando previamente todas las raíces que sobresalían del cepellón, sobre una mesa calefactora a 20°C. Después de 4 semanas se sacaron las plantas y se cortaron todas las raíces nuevas, calculándose su peso seco. Por último se realizó una plantación en dos fechas distintas: diciembre y febrero, usando 20 plantas por tratamiento y fecha. Durante dos años consecutivos se midió el diámetro y la altura, además se midió el potencial hídrico al amanecer ( $\Psi$ ) en 4 plantas por tratamiento y fecha de plantación y en dos fechas distintas: julio de 2008 y septiembre de 2008; y por último se evaluó el estado fitosanitario de las plantas utilizándose una escala del 0 al 3 donde 3 eran las plantas completamente sanas, 2 plantas con una defoliación inferior al 50%, 1 plantas con una defoliación superior al 50% y 0 las plantas muertas.

*Ensayo 2:* En este ensayo se probaron distintas cantidades de N aplicadas durante la fase de endurecimiento con el fin de acotar la dosis de fertilización máxima. Los tratamientos ensayados fueron los denominados como 1; 5; 0N y 2N aplicados cada uno a 68 plantas de una única procedencia *La Alcarria y Serranía de Cuenca*. Al igual que en el anterior ensayo se caracterizó el estado morfológico y nutricional en 6 plantas por tratamiento. La tolerancia al frío se evaluó de la misma forma en 4 plantas por tratamiento, siendo las temperaturas evaluadas -8°C; -10°C; -12°C y -14°C. También se caracterizó la RGC en 6 plantas por tratamiento.

*Ensayo 3:* En el último ensayo se utilizaron plantas de dos procedencias de climas contrasta-

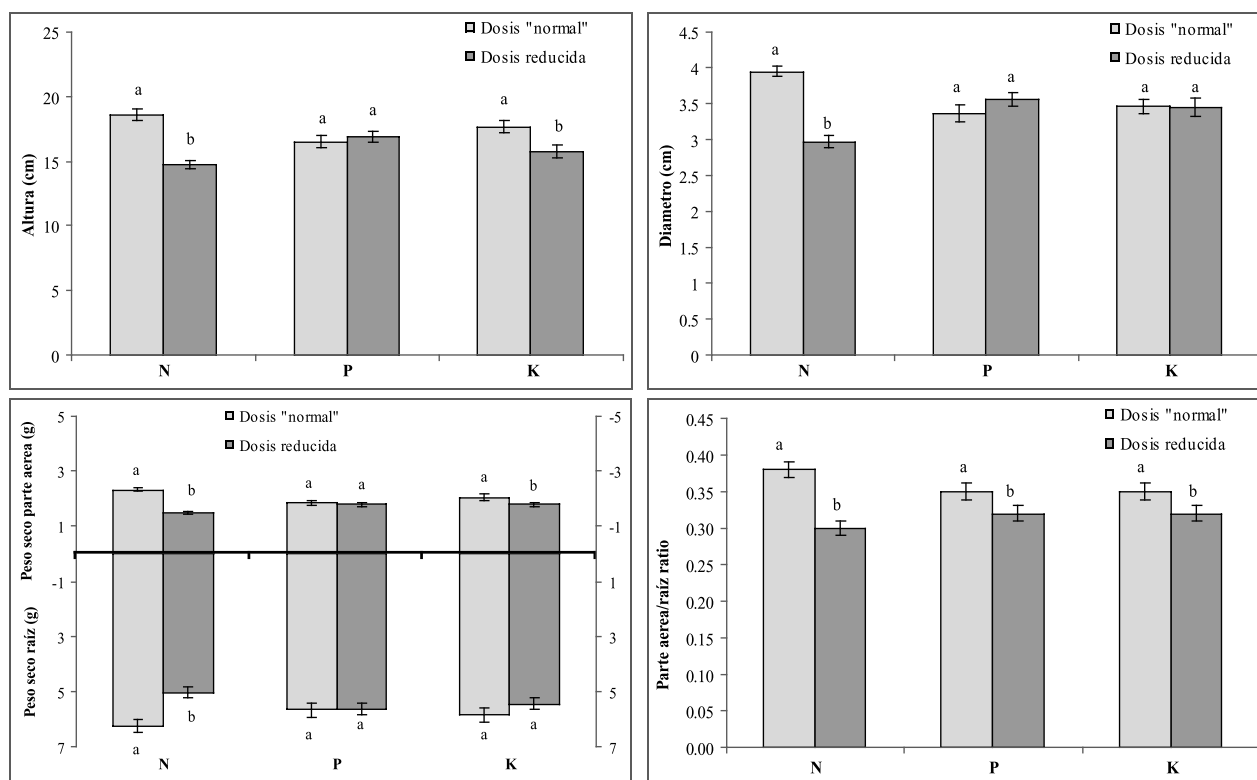
dos: *Sierra Morena Occidental* (HU) y *La Alcarria y Serranía de Cuenca* (ALC) y se ensayaron los tratamientos 1; 3; 5 y 7. Al igual que en los anteriores ensayos se evaluó el estado morfológico y nutricional (6 plantas por tratamiento y procedencia), la tolerancia al frío (4 plantas por tratamiento, temperatura y procedencia a -8°C; -10°C; -12°C y -14°C) y la RGC (6 plantas por tratamiento y procedencia).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observan los valores de los distintos parámetros estudiados en función de la dosis de fertilizante añadida para cada uno de los nutrientes. El nitrógeno es el nutriente que más efecto tuvo sobre los parámetros morfológicos, las plantas que recibieron más nitrógeno presentaron un mayor tamaño. Este hecho había sido previamente descrito para esta especie (OLIET et al., 2009; VILLAR-SALVADOR et al., 2004), sin embargo, al contrario que en nuestro ensayo, estos estudios no mostraron un mayor desarrollo radicular en las plantas más fertilizadas. El mayor desarrollo radicular en nuestro estudio pudo ser debido a que la fertilización se extendió por todo el otoño hasta mediados de diciembre, esto unido a las temperaturas otoñales cálidas del vivero favoreció tanto la actividad cambial como el desarrollo radicular de las plantas más fertilizadas.

En cuanto al estado nutricional en las plantas, el nitrógeno fue el nutriente que más influencia tuvo sobre la concentración y el contenido de todos los nutrientes en las plantas, siendo las hojas el órgano donde se dieron las diferencias significativas entre dosis de nutrientes. En la Tabla 2 se puede observar la concentración foliar de cada uno de los nutrientes estudiados en función de la dosis de nitrógeno añadida. La fertilización otoñal nitrogenada aumentó significativamente las concentraciones y contenidos foliares de N y P de las plantas, además de aumentar los de K.

Si analizamos el efecto de la fertilización otoñal a la resistencia al frío (Figura 2) observamos cómo la fertilización otoñal con dosis altas de N aumentó la resistencia a las heladas. El efecto positivo de la fertilización nitrogenada



**Figura 1.** Valor de los parámetros morfológicos estudiados (altura, diámetro, peso seco parte aérea, peso seco raíz y ratio parte aérea/raíz) en función de la dosis de fertilización aplicada para cada uno de los nutrientes estudiados (N, P, K). Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre dosis para cada nutriente estudiado. Se denominó dosis "normal" a  $N_1$ ,  $P_1$ ,  $K_1$  y dosis reducida a  $N_{1/20}$ ,  $P_{1/50}$ ,  $K_{1/50}$

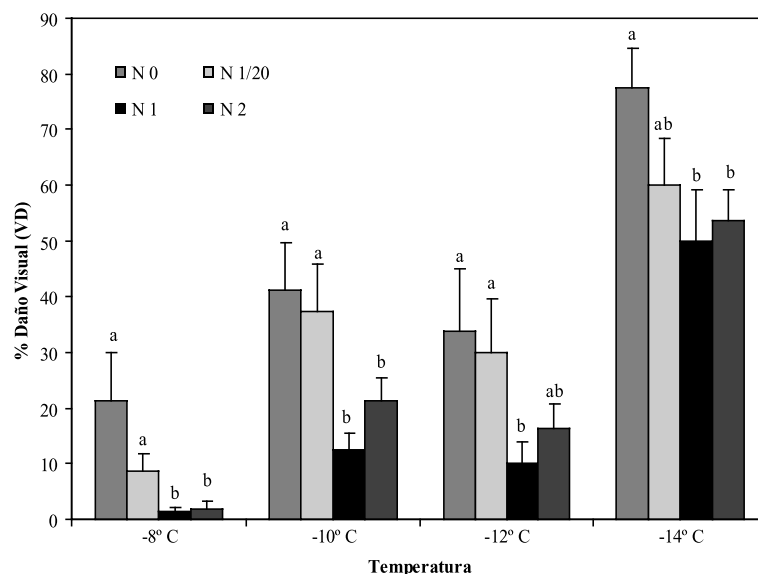
	$N_0$	$N_{1/20}$	$N_1$	$N_2$
[N] (%)	$1,24 \pm 0,16$ a	$1,33 \pm 0,27$ a	$1,57 \pm 0,01$ b	$1,86 \pm 0,29$ b
[P] (%)	$0,15 \pm 0,01$ a	$0,15 \pm 0,01$ a	$0,17 \pm 0,01$ b	$0,17 \pm 0,01$ b
[K] (%)	$0,87 \pm 0,01$ a	$0,87 \pm 0,01$ a	$0,91 \pm 0,07$ a	$0,94 \pm 0,03$ a

**Tabla 2.** Concentración foliar de N, P y K ( $\pm$  desviación estándar) en función de la dosis de N añadida. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre dosis de N

está relacionado con el aumento del contenido en carbohidratos y de las concentraciones de P y K en las plantas más fertilizadas. El P forma parte de los fosfolípidos que dan estabilidad a las membranas celulares, que son dianas del daño por heladas, mientras que K juega un papel importante en el ajuste osmótico intracelular (MARSHNER, 1995). Nuestros datos también confirman el efecto positivo de la fertilización otoñal nitrogenada en CCR, las plantas fertilizadas con dosis más altas ( $N_1$  y  $N_2$ ) presentaron mayor CCR y, por tanto, previsiblemente, un mejor establecimiento en campo, sin embargo las plantas que recibieron la dosis  $N_2$

mostraron una menor CCR con respecto a la  $N_1$ , aunque mayor que con respecto a las dosis menores ( $N_0$  y  $N_{1/20}$ ).

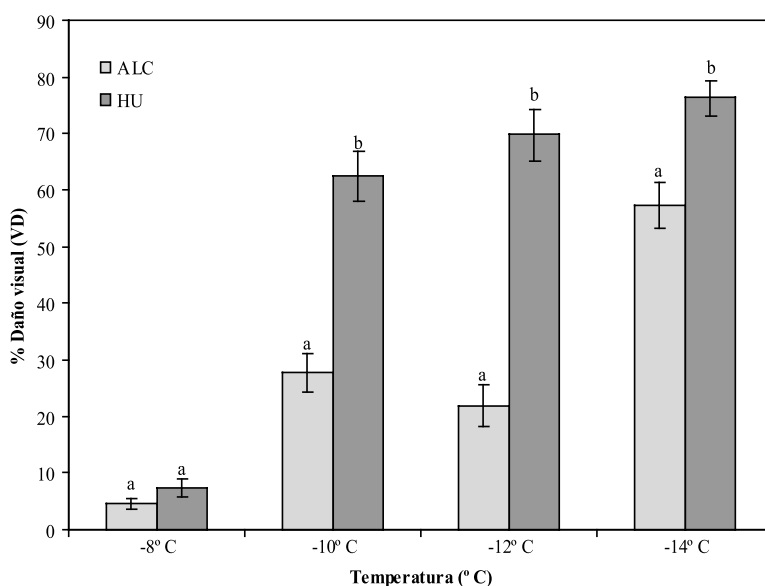
Aunque las plantas más fertilizadas tuvieron valores más elevados de CCR, que es un buen predictor del éxito post-trasplante, no se encontraron diferencias significativas en el establecimiento en campo entre distintos tratamientos de fertilización, posiblemente debido a las buenas condiciones climáticas en la zona durante el estudio, que supusieron una supervivencia de la plantación de más del 90%. Sin embargo sí se encontraron diferencias en la supervivencia, estado fitosanitario, crecimiento y potencial hídrico



**Figura 2.** Valor del daño visual ( $\pm$  desviación típica) en función de la dosis de nitrógeno aplicada. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre dosis

entre las dos fechas de plantación, presentando un mejor estado fitosanitario y un mayor crecimiento y potencial hídrico (especialmente tras el primer verano) las plantas plantadas en diciembre. Este hecho fue debido al peor desarrollo radicular de las plantas plantadas en febrero, al invertir más recursos en crecimiento aéreo, por lo que a la llegada de la estación seca las plantas plantadas en diciembre pudieron acceder a reservas de agua más profunda en el suelo.

Respecto al efecto de la procedencia de las bellotas, se ha constatado un diferente comportamiento de las plantas de distintas regiones de procedencias con respecto a la acumulación de nutrientes suministrados mediante la fertilización otoñal. Las plantas de ALC presentaron mayores concentraciones foliares de P, mientras que las plantas de HU presentaron mayores concentraciones foliares de K. Como hemos comentado anteriormente



**Figura 3.** Valor del daño visual ( $\pm$  desviación típica) en función de la región de procedencia de las bellotas. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre procedencias

el P tiene una gran importancia en la resistencia a las heladas, mientras que el K está relacionado con el control osmótico y por tanto, con la resistencia a la sequía. Estos datos sugieren que la distinta acumulación de nutrientes en plantas de encina puede estar relacionada con las diferencias en las condiciones climáticas entre las regiones de procedencia, como muestran los datos de resistencia al frío entre procedencias (Figura 3) donde podemos observar como las plantas de la procedencia más fría (ALC) muestran valores de daños frente a heladas muy inferiores a las plantas de la procedencia más cálida (HU).

## CONCLUSIONES

La fertilización otoñal es una herramienta eficaz para la modificación de los parámetros morfológicos y el estado nutricional de las plantas de encina cultivadas en vivero. El nitrógeno influyó en la calidad de planta producida, aumentando su crecimiento, el contenido y concentración de nutrientes en la planta, la resistencia al frío y la capacidad de crecimiento radical. En este sentido se recomienda el uso de dosis entre 100 y 130 mg de N durante el cultivo (30 o 60 mg aplicados en la fase de endurecimiento).

A pesar de la mejoría de la calidad de planta producida, no se ha constatado ningún efecto de la fertilización otoñal en el éxito de la fase post-transplante, por lo que debe seguir estudiándose en condiciones de plantación más contrastadas. Sí se demuestra la importancia de la plantación temprana (diciembre) en zonas con inviernos suaves, así como el uso de semillas de la zona a repoblar para de este modo mejorar el éxito de dichas repoblaciones.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto ENCINUT (AGL2006-12609-C02-01/FOR) (Plan Nacional de I+D, Ministerio de Ciencia e Innovación). Enrique Andivia disfrutó

durante el desarrollo del trabajo de una beca FPU del Ministerio de Educación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALÍA, R.; ALBA, N.; AGÚNDEZ, D. Y IGLESIAS, S.; 2005. *Manual para la comercialización y producción de semillas y plantas forestales: materiales de base y reproducción*. Serie Forestal. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid.
- ANDIVIA, E.; FERNÁNDEZ, M. & VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; 2011a. Autumn fertilization of *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp. nursery seedlings: effects on morpho-physiology and field performance. *Ann. For. Sci.* 68: 543-553.
- ANDIVIA, E.; MÁRQUEZ-GARCÍA, B.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; CÓRDOBA, F. & FERNÁNDEZ, M.; 2011b. Autumn fertilization with nitrogen improves nutritional status, cold hardiness and the oxidative stress response of holm oak (*Quercus ilex* L. ssp. *ballota* [Desf.] Samp) nursery seedlings. *Trees-Struct. Funct.* doi: 10.1007/s00468-011-0593-3.
- FERNÁNDEZ, M.; MARCOS, C.; TAPIAS, R.; RUIZ, F. & LÓPEZ, G.; 2007. Nursery fertilisation 552 affects the frost-tolerance and plant quality of *Eucalyptus globulus* Labill. cuttings. *Ann. For. Sci.* 68: 865-873.
- MARSCHNER, H.; 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press limited. London.
- OLIET, J.A.; SALAZAR, J.M.; VILLAR, R.; ROBREDO, E. & VALLADARES, F.; 2011. Fall fertilization of Holm oak affects N and P dynamics, root growth potential, and post-transplanting phenology and growth. *Ann. For. Sci.* 68: 647-656.
- OLIET, J.A.; TEJADA, M.; SALIFU, K.F.; COLLAZOS, A. & JACOBS, D.F.; 2009. Performance and nutrient dynamics of holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings in relation to nursery nutrient loading and post-transplant fertility. *Eur. J. For. Res.* 128: 253-263.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E. & PEÑUELAS, J.; 2004. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecol. Manage.* 196: 257-266.