

## **Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo.**

Pedro Villar Salvador<sup>1</sup>, Rosa Planelles<sup>2</sup>, Elsa Enríquez<sup>3</sup>, Juan L. Peñuelas Rubira<sup>1</sup>, Javier Zazo Mucharanz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”, Ministerio de Medio Ambiente, Apdo. 249, 19080 Guadalajara. España [serranillo@dgcn.mma.es](mailto:serranillo@dgcn.mma.es)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Dpto. Uso Sostenible del Medio Natural, Ministerio de Ciencia y Tecnología Apdo. 8111, 28080 Madrid. España [planelle@inia.es](mailto:planelle@inia.es)

<sup>3</sup> EUITF de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. Avda. Ramiro de Maeztu s/n. 28040 Madrid. España [jzazo@forestales.upm.es](mailto:jzazo@forestales.upm.es)

### **Resumen**

El objetivo de este estudio ha sido analizar el efecto de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de los brinzales de *Quercus ilex* y su desarrollo en campo. Se ensayaron tres niveles de fertilización: alta y baja (165 y 45 mg N/ planta, respectivamente) y sin fertilización, combinados con dos niveles de luz: pleno sol y sombra del 45%. Las plantas altamente fertilizadas presentaron partes aéreas con una mayor altura, diámetro, superficie foliar y peso seco que las poco o nada fertilizadas. La fertilización no influyó en el peso seco de las raíces pero mejoró significativamente la capacidad de producción de nuevas raíces (CPR). El sombreado incrementó la altura, la superficie foliar total y la proporción entre el peso de la parte aérea y la radical (PA/PR), disminuyó el peso radical, no afectando al resto de variables estudiadas.

Después del primer verano, las plantas sin fertilizar presentaron una supervivencia y un crecimiento significativamente menor que las poco y altamente fertilizadas. El grado de sombreado en el vivero no influyó en el desarrollo de las plantas en campo. Las encinas que más crecieron y menor mortalidad presentaron fueron las que desarrollaron partes aéreas y PA/PR más grandes. El crecimiento en campo también se relacionó positivamente con la CPR al salir del vivero. Concluimos que para facilitar el arraigo de las encinas en campo es necesario que sean fertilizadas con al menos 45 mg N por planta. El sombreado no mejora la instalación de las plantas en campo.

P.C.: nitrógeno, capacidad producción raíces, morfología, crecimiento, supervivencia

### **Summary**

In this study we have addressed the effect of fertilisation and shade during nursery growth on the quality of *Quercus ilex* L. (Holm oak) seedlings and their out-planting performance. Three fertilisation regimes: high and mild (165 and 45 mg N/plant, respectively) and no fertilisation, combined with two light availability levels (full sun and 45% shade) were tested. Highly fertilised plants developed a significantly higher shoot diameter, height, dry mass, and foliage area than the low and non-fertilised plants. Fertilisation did not exert any effect on root mass but increased significantly new root growth capacity (RGC), as measured before planting. Shading increased plant height and foliage area but diminished root mass and root:shoot mass ratio (R/S), no effect being observed among the other traits.

After the first summer, out-planted unfertilised seedlings survived and grew significantly less than the mildly and highly fertilised ones. Light availability during nursery growth had no influence on out-planting performance, no interaction among shading and fertilisation being observed. Plants with large shoots and low R/S achieved the best field performance (growth and survival). In addition, field growth was positively correlated with RGC. We conclude that Holm oak re-vegetation can be significantly improved if seedlings are fertilised in the nursery with at least 45 mg N/ plant. Shading in the nursery does not improve stock out-planting performance.

K.W.: fertilisation, shading, root growth capacity, morphology, field performance, Holm oak, Mediterranean

## **Introducción**

El buen desarrollo de las plantaciones forestales está muy ligado a la calidad morfológica y fisiológica de las plantas, que depende, a su vez, del modo en que éstas son cultivadas en el vivero. Una de las prácticas viverísticas que más incidencia tiene sobre las características funcionales de la planta y su posterior desarrollo en campo es la fertilización, especialmente la nitrogenada (VAN DEN DRIESSCHE, 1992; OLIET *et al.*, 1997). Un incremento de la fertilización produce plantas más desarrolladas, con mayores contenidos de nutrientes y una mayor capacidad de producción de nuevas raíces (VAN DEN DRIESSCHE, 1992). Dichas características han sido a menudo relacionadas positivamente con la supervivencia y crecimiento de las plantaciones jóvenes (SIMPSON, 1990; OLIET *et al.*, 1997; VILLAR-SALVADOR *et al.*, 2000).

Una de las especies que más se utiliza actualmente en la reforestación de tierras agrícolas es la encina (*Quercus ilex*). Suele presentar porcentajes de marras superiores a los de otras especies que también son empleadas en las repoblaciones forestales. Por ello, si el uso de plantas de alta calidad es importante para el éxito de la revegetación con cualquier especie, pensamos que para la encina el cuidado de la misma cobra especial importancia. Sin embargo, apenas existen estudios sobre la influencia de diferentes prácticas viverísticas sobre la calidad morfológica y fisiológica de los brinzales de *Quercus ilex* y mucho menos sobre su posterior incidencia en el desarrollo en campo (OCAÑA *et al.*, 1997).

El objetivo que nos hemos planteado es conocer la influencia de la fertilización y el sombreado durante el cultivo en vivero sobre algunas características funcionales de la encina (morfológicas y capacidad de producción de nuevas raíces) y su desarrollo en campo.

## **Material y métodos**

Se empleó semilla de procedencia La Mancha-Montiel (La Mancha), sembrada en enero de 1998 en Forest Pot 300 (alvéolo de 300 ml) con un sustrato mezcla de turba rubia y vermiculita (75/25%; v:v). El cultivo fue realizado en las instalaciones del Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”.

Se ensayó la combinación de dos factores: fertilización nitrogenada en el sustrato, con tres niveles: alto, bajo y sin fertilización; y cantidad de radiación recibida, con dos niveles: pleno sol y sombra. El nivel bajo de fertilización se obtuvo empleando turba fertilizada (Original Kasper The Finish Peat, nivel fertilización B6), que, para el tipo de contenedor empleado, aportaba 34 mg N/planta. La fertilización alta fue aplicada por fertirrigación sobre dicha turba fertilizada, se inició el 28 de mayo efectuándose una aplicación semanal con nitrato amónico (33,5% de riqueza en nitrógeno) hasta el 17 de septiembre. Cada planta de este nivel de fertilización recibió un total de 154 mg de N (120 mg por fertirrigación + 34 mg en turba). Desde la siembra hasta el 15 de mayo las plantas fueron mantenidas en un invernadero. A partir de dicha fecha pasaron al exterior. Las plantas del tratamiento de sombra fueron colocadas bajo una malla que interceptaba el 45% de la radiación solar. Se aplicó un diseño en 3 bloques completos dispuestos al azar. Durante todo el cultivo las plantas fueron regadas cada 1-3 días, dependiendo de la época del año.

Finalizado el cultivo se extrajo planta para su caracterización morfológica (10 plantas por tratamiento y bloque) cuantificándose la altura (cm), diámetro en el cuello de la raíz (mm), superficie foliar total de una planta (cm<sup>2</sup>), peso seco (g) de la parte aérea (PA) y radical (PR), tras secado en estufa a 65°C hasta peso constante y la relación PA/PR. El 17 de marzo se realizó el test de capacidad de producción de nuevas raíces (CPR). Cinco plantas por tratamiento fueron transplantadas a envases de 3 L con perlita, permaneciendo en un invernadero durante 22 días, transcurridos los cuales se extrajeron procediéndose a contar las raíces nuevas mayores de 1 cm.

En abril de 1999, se llevó a cabo la plantación en Santorcaz (Madrid), La parcela es prácticamente llana con suelos profundos, de textura franca a franco arcillosa, y fue abandonada como campo agrícola dedicado al cultivo de cereal hace más de 10 años. Está situada a 850 m de altitud y la precipitación y temperatura medias anuales de 492 mm y 13,1 °C, respectivamente. El diseño espacial consistió en tres bloques (20 individuos por bloque y tratamiento), manteniéndose los mismos bloques establecidos en el vivero. A la semana de la plantación se efectuaron las primeras mediciones de altura y diámetro, que se repitieron transcurrido el primer periodo vegetativo (diciembre 1999), contabilizándose además la supervivencia de las plantas.

El efecto de los factores estudiados sobre el desarrollo de las plantas en vivero y en campo fue analizado por un análisis de la varianza en el que se consideraron la fertilización, la radiación y el bloque como factores principales. En aquellas variables en las que algún factor tuvo un efecto significativo, la comparación de medias se realizó siguiendo el test de Tuckey. La relación de las variables morfológicas y CPR con el desarrollo en campo (mortalidad e incremento de altura) de las encinas fue estudiada por análisis de correlación lineal.

## **Resultados**

La fertilización tuvo un efecto significativo sobre la altura, diámetro, área foliar total, peso seco de la parte aérea. Las plantas que recibieron mayor fertilización presentaron valores significativamente más altos de estas variables que los otros dos tratamientos de fertilización, no observándose diferencias estadísticamente significativas, salvo en la altura de las plantas, entre las plantas no fertilizadas y las poco fertilizadas (Tabla 1). La fertilización no afectó el peso seco de las raíces en vivero y como consecuencia las plantas altamente fertilizadas mostraron una PA/PR mayor que los otros tratamientos de fertilización.

La radiación recibida por las plantas durante el cultivo en vivero influyó en la cantidad de superficie total de hojas, el peso seco radical y la proporción entre la masa de raíz y la de tallo. Así, las encinas crecidas a la sombra desarrollaron una mayor superficie foliar total por individuo pero presentaron un sistema radical de menor peso y una menor PA/PR que las crecidas a pleno sol. Las demás variables morfológicas no fueron afectadas por la disponibilidad de luz (Tabla 1). No se observó ninguna interacción significativa entre la fertilización y la radiación recibida durante el cultivo en las variables morfológicas de encina al salir y su CPR (datos no mostrados).

Después del primer verano en campo, la fertilización presentó un efecto significativo sobre la mortalidad ( $F=5,92$   $P=0,02$ ) y el crecimiento en altura ( $F=9,54$   $P<0,001$ ) de los brinzales de encina, no observándose ninguna influencia sobre el crecimiento en diámetro ( $F=1,72$   $P=0,18$ ). Las plantas no fertilizadas presentaron una mortalidad significativamente mayor y un crecimiento menor que las poco o muy fertilizadas (Figura 1). Los brinzales altamente fertilizados presentaron tres veces menos marras y tres veces más crecimiento en altura que los no fertilizados. Entre las plantas poco y altamente fertilizadas, no se hallaron diferencias significativas de supervivencia y crecimiento. El sombreo experimentado por las plantas en el vivero no influyó en el desarrollo de las plantas en campo (Mortalidad:  $F=0,49$   $P=0,50$ ; Incremento de altura:  $F=0,10$   $P=0,75$ ; Incremento de diámetro:  $F=0,006$   $P=0,98$ ). Al igual que en las variables medidas en el vivero, no se encontró ninguna interacción significativa entre la fertilización y la radiación para las variables de desarrollo en campo (Mortalidad,  $F=2,44$   $P=0,14$ ; Incremento de altura,  $F=0,68$   $P=0,5$ ).

Tabla 1.- Morfología y capacidad de producción de nuevas raíces (CPR) de brinzales de *Quercus ilex* (medias  $\pm$  1 error estándar) cultivados en vivero bajo diferentes niveles de fertilización y disponibilidad de luz. Medias con la misma letra en los regímenes de fertilización no difieren significativamente ( $P>0,05$ ). En los tratamientos de luz, las diferencias significativas ( $P\leq 0,05$ ) se indican con \*. ns = diferencia no significativa

	Fertilización			Disponibilidad de luz	
	No fertilizada	Baja	Alta	Sol	Sombra
Altura (cm)	12.7 $\pm$ 0.39c	14.5 $\pm$ 0.57b	16.5 $\pm$ 0.48a	13.5 $\pm$ 0.4	15.6 $\pm$ 0.4 ns
Diámetro (mm)	4.56 $\pm$ 0.12b	4.95 $\pm$ 0.11b	5.14 $\pm$ 0.11a	4.92 $\pm$ 0.10	4.85 $\pm$ 0.09 ns
Área foliar total (cm <sup>2</sup> )	49.6 $\pm$ 1.8b	54.1 $\pm$ 2.1b	59.8 $\pm$ 1.7a	50.7 $\pm$ 1.3	58.3 $\pm$ 1.8 *
Peso seco aéreo (g)	1.58 $\pm$ 0.06b	1.78 $\pm$ 0.08b	2.07 $\pm$ 0.07a	1.79 $\pm$ 0.06	1.84 $\pm$ 0.06 ns
Peso seco raíz (g)	3.46 $\pm$ 0.17a	3.51 $\pm$ 0.12a	3.29 $\pm$ 0.09a	3.60 $\pm$ 0.12	3.24 $\pm$ 0.09 *
Peso aéreo / Peso raíz	0.48 $\pm$ 0.02b	0.51 $\pm$ 0.02b	0.64 $\pm$ 0.02a	0.51 $\pm$ 0.02	0.58 $\pm$ 0.02 *
CPR (nº raíces > 1cm)	3.7 $\pm$ 0.7b	8.4 $\pm$ 2.3b	12.5 $\pm$ 2.0a	9.0 $\pm$ 1.8	7.4 $\pm$ 1.3ns

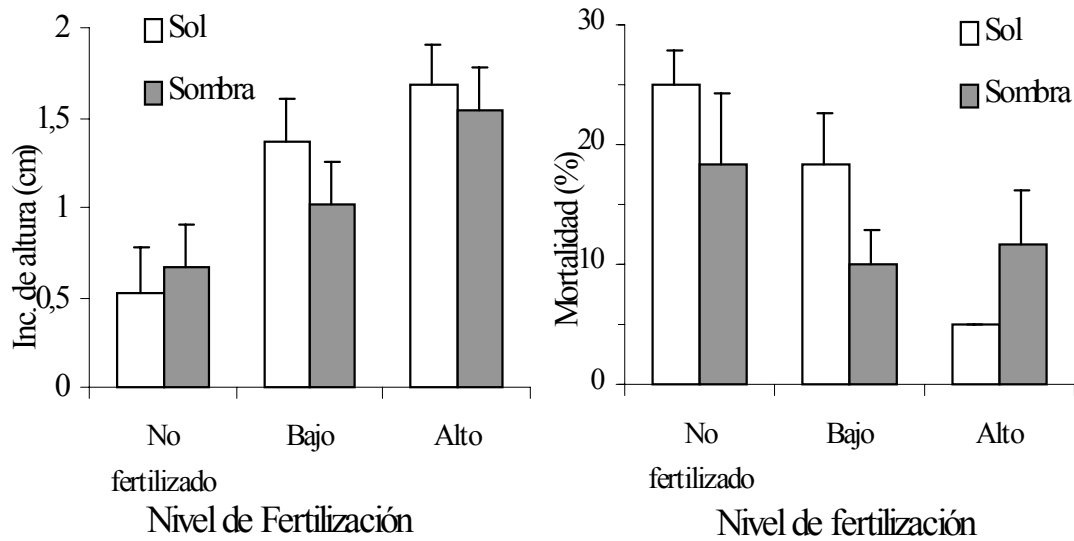


Figura 1.- Incremento de altura y mortalidad en campo un año después de la plantación, de brinzales de *Quercus ilex* cultivados bajo diferentes niveles de fertilización y de disponibilidad de luz.

El incremento de altura de los brinzales de encina en campo se correlacionó significativamente y de manera positiva con el tamaño de la planta (peso seco aéreo), CPR y PA/PR al salir del vivero (Figura 2). La mortalidad, sin embargo, se relacionó significativa y negativamente con el tamaño de los brinzales y PA/PR (este último  $P=0,07$ ). No se registró ninguna correlación significativa entre la mortalidad de las encinas en campo y su CPR.

## Discusión

Los patrones de variación morfológica en respuesta al aporte de nutrientes y al sombreado descritos en otras especies coinciden en general con los mostrados por la encina en nuestro estudio (CALLAWAY, 1992; VAN DEN DRIESSCHE 1992). A grandes rasgos, una mayor fertilización fomenta el crecimiento generalizado de la planta, especialmente de la parte aérea a costa de la radical lo que ocasiona que la proporción entre ambas partes (PA/PR) se incremente. Una PA/PR menor puede ser importante para la supervivencia en ambientes áridos (LLORET *et al.*, 1999) ya que permite a las plantas un mejor equilibrio en su economía hídrica (LEIVA y ALÉS, 1998). Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestro estudio no apoyan dicha idea. Las encinas más grandes y con PA/PR mayores (plantas altamente fertilizadas) presentaron menos mortalidad y crecieron más que las más pequeñas y de menor PA/PR. Este resultado sugiere que la capacidad de crecimiento de las encinas en campo podría verse reducida debido a que el coste de mantenimiento, en términos de balance de carbono, de las plantas con partes aéreas pequeñas y menor PA/PR es mayor que el de las de características contrarias. Esto limitaría los recursos disponibles para el crecimiento de la planta. Los brinzales de encina con partes aéreas más pequeñas, deben presumiblemente tener una menor capacidad productiva que los que presentan partes aéreas más grandes, debido a que desarrollan menos follaje (20% menos, ver Tabla 1). La menor producción de nuevas raíces, las cuales son fundamentales para la instalación de la planta en campo antes de la llegada del estrés hídrico estival, en las encinas poco o nada fertilizadas (de 1,5 a 3 veces

menos que las altamente fertilizadas), es una prueba de dicha menor capacidad productiva. VAN DEN DRIESSCHE (1992) también observó una relación positiva entre la fertilización y CPR en varias coníferas. CPR es considerada como una medida del vigor de las plantas y a menudo se correlaciona positivamente con el desarrollo de las plantas en campo (SIMPSON, 1990). Por ello, los brinzales de encina altamente fertilizados pueden ser considerados como más vigorosos que los poco o nada fertilizados, lo que explicaría las diferencias de supervivencia y crecimiento en campo que hemos encontrado ligadas a los regímenes de fertilización.

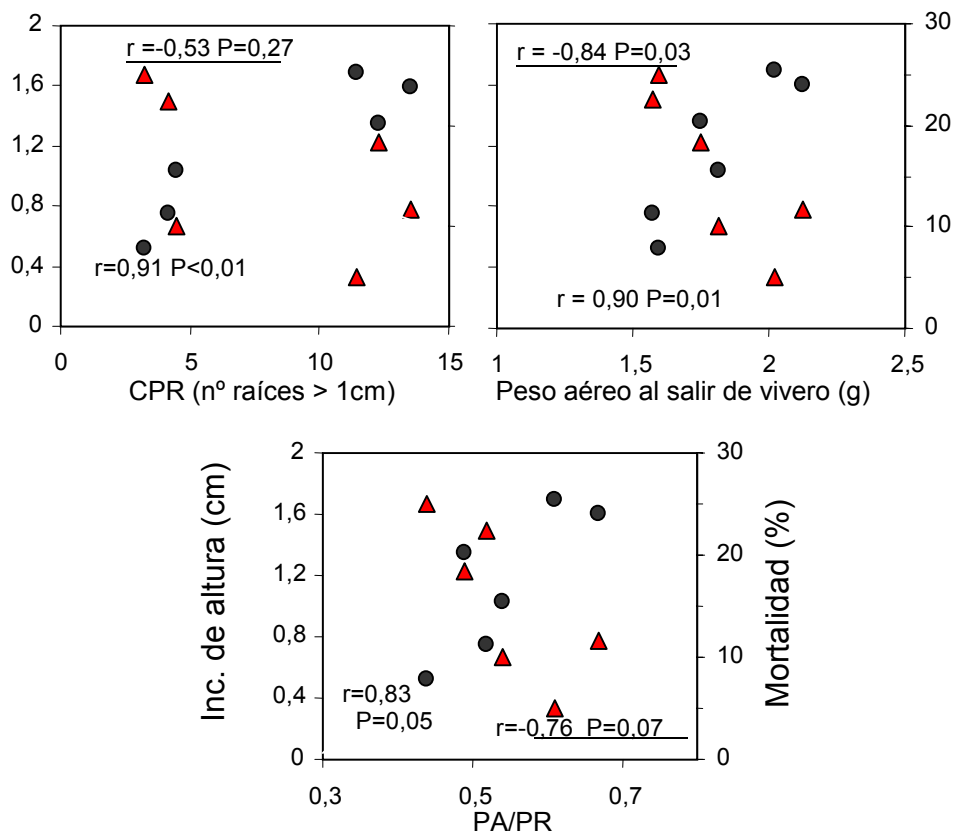


Figura 2.- Relaciones del incremento de altura (círculos) y la mortalidad (triángulos) con CPR, peso seco aéreo y PA/PR al salir del vivero. Los coeficientes de correlación de Pearson subrayados corresponden a las relaciones con la mortalidad.

En conclusión, la fertilización de la encina en el vivero facilita su desarrollo en campo ya que produce individuos más vigorosos. Recomendamos un aporte mínimo de N por planta de 45 mg, aunque valores más elevados (>100 mg) producen brinzales de mejor calidad y mayor capacidad de arraigo en campo. Un nivel de sombreado del 40% no ha tenido ningún efecto sobre el desarrollo de la planta en campo y tampoco ha interferido en el efecto de la fertilización sobre las plantas. Por ello no recomendamos su uso en el cultivo ya que encarece los costes de producción. La insolación directa de los brinzales de encina no debe causar ningún problema siempre que las plantas tengan una óptima disponibilidad de agua durante su cultivo.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido co-financiado por fondos de la DGCONA y del proyecto “Estudio de los medios y técnicas de cultivo en vivero para la producción en contenedor de plantas del género *Quercus* de alta calidad morfológica y fisiológica. Aplicación a la forestación de terrenos anteriormente dedicados al cultivo agrícola” INIA-CICYT.

## Bibliografía

- CALLAWAY, R.M. (1992). *Morphological and physiological responses of three California oak species to shade*. International Journal of Plant Science 153:434-441
- LEIVA, M.J. y FERNÁNDEZ-ALÉS, R. (1998). *Variability in seedling water status during drought within a Quercus ilex subsp. ballota population, and its relation to seedling morphology*. Forest Ecology and Management 111:147-156
- LLORET, F.; CASANOVAS, C. y PEÑUELAS, J. (1999). *Seedling survival in relation to shoot:root ratio, seed size and water and nitrogen use*. Functional Ecology 13:210-216.
- OCAÑA, L.; DOMÍNGUEZ LERENA, S.; CARRASCO, I.; PEÑUELAS, J.L. y HERRERO, N. (1997). *Influencia del tamaño de la semilla y diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento y supervivencia en campo de cuatro especies forestales*. Actas del II Congreso Forestal Español. Mesa 3. 461-466
- OLIET J.; PLANELLES R.; LOPEZ M. y ARTERO F. (1997). *Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de Pinus halepensis*, Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4: 69-79
- SIMPSON, D.G. (1990). *Frost hardiness, root growth capacity, and field performance in interior spruce, lodgepole pine, Douglas-fir, and western hemlock seedlings*. Canadian Journal of Forest Research 20: 566-572.
- VAN DEN DRIESSCHE, R.; (1992). *Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments*. Canadian Journal of Forest Research 22: 740-749.
- VILLAR SALVADOR, P.; DOMÍNGUEZ LERENA, S.; PEÑUELAS RUBIRA, J.; CARRASCO, I.; HERRERO SIERRA, N.; NICOLÁS PERAGÓN, J.L. y OCAÑA BUENO, L. (2000) *Plantas grandes y mejor nutridas de Pinus pinea L. tienen mejor desarrollo en campo*. Actas del 1<sup>er</sup> Simposio del Pino Piñonero. Tomo I, pp. 219-227.