

# EFECTO DE TRES NIVELES DE ESTRÉS HÍDRICO Y DOS PERIODOS DE APLICACIÓN SOBRE ALGUNOS PARÁMETROS DE CALIDAD FUNCIONAL DE PLÁNTULAS DE *QUERCUS ILEX* L. Y SU DESARROLLO POSTRASPLANTE

## Effects of three water stress hardening levels and two conditioning periods in some plant functional quality attributes and trasplanting performance of holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings

R. Planelles González <sup>1</sup>, P. Villar-Salvador <sup>2</sup>, J. Oliet Palá <sup>3</sup> y M. López Arias <sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIA. Dpto. Medio Ambiente. Apdo. 8111, 28080-MADRID (España). Correo electrónico: planelle@inia.es; larias@inia.es

<sup>2</sup> Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", DGCONA. Ministerio de Medio Ambiente. Apdo. 249. 19004-GUADALAJARA (España). Correo electrónico: serranillo@dgc.mma.es

<sup>3</sup> Dpto. Ingeniería Rural. E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes. Apdo. 3048. 14080-CÓRDOBA (España). Correo electrónico: ir1olpaj@uco.es

### Resumen

Dado que el estrés hídrico sufrido por las plántulas de encina (*Quercus ilex* L.) es uno de los principales factores de mortalidad en las plantaciones mediterráneas, el presente trabajo pretende evaluar el efecto de la sequía aplicada al final de la estación de crecimiento sobre plantones de *Quercus ilex* producidos en vivero. Se evaluó el desarrollo posttrasplante en una plantación controlada en invernadero sometida a dos niveles de riego (xérico y méxico). Para ello se aplicaron al final de la estación de crecimiento en vivero tres niveles de estrés hídrico (bajo, moderado y fuerte) combinados con dos periodos de aplicación (2,5 y 3,5 meses) y un tratamiento control. El potencial de desarrollo radical se vio afectado negativamente por el acondicionamiento hídrico. En la plantación controlada, sólo en condiciones méxicas de humedad, el tratamiento moderado de estrés y las plantas control presentaron un desarrollo estadísticamente superior al resto. Sin embargo, al considerar el tamaño de las plantas en el momento de plantar, dichas diferencias desaparecieron.

Palabras clave: *Acondicionamiento hídrico, Quercus ilex* L., *Potencial de crecimiento radical, Arraigo*

### Abstract

Drought stress is the main factor of mortality of *Quercus ilex* L. seedlings in Mediterranean plantations. The objective of this study was to assess the effect of drought hardening applied in the nursery at the end of the growing season on the drought tolerance of *Q. ilex* seedlings and on their out-planting performance. Plants were subjected to three-water stress hardening levels for 2.5 and 3.5

month and compared with a control. At the end of the hardening period Root Growth Potential and the out-planting survival and growth of *Q. ilex* seedlings was determined in a controlled plantation. Root growth potential was reduced by drought hardening. When planted under xeric conditions, mortality and shoot growth did not differ among hardening treatments but under mesic conditions the moderately hardened and control plants presented a higher growth than the rest of the treatments. However, these differences were attributed to differences of the plant's shoot size at planting, no differences existing when the size of the plants was controlled for.

Key words: *Water stress conditioning, Holm oak, Root growth potential, Acclimation*

## INTRODUCCIÓN

El éxito de una plantación forestal depende de factores tales como la preparación del terreno, la elección de la especie y su adecuada procedencia, la calidad de la planta, su manipulación y condiciones de almacenamiento, la ejecución propiamente dicha, etc. Actualmente, una de las especies más utilizadas en repoblaciones forestales en la península ibérica es la encina, puesto que con ella se están reforestando amplias extensiones de tierras abandonadas. En el ámbito mediterráneo los plantones son especialmente vulnerables a las condiciones de sequía estival durante sus primeros estadios de vida, detectándose elevadas tasas de mortalidad y bajos crecimientos en muchos casos (BAEZA *et al.*, 1991). Intentando preparar a las plantas para soportar esas duras condiciones, una de las prácticas más utilizadas en vivero en la fase final de producción es el acondicionamiento por estrés hídrico, que según se ha constatado experimentalmente, mejora la resistencia a la sequía de algunas coníferas (VAN DEN DRIESSCHE, 1991a; 1991b). Los cambios observados en la tolerancia a la sequía dependerán tanto del nivel de estrés inducido como de la duración del acondicionamiento (ALBOUCHI *et al.*, 2001, EDWARDS & DIXON, 1995). Algunos autores concluyen además que el endurecimiento hídrico mejora el potencial de crecimiento radical (ALI ABOD & SIMON, 1983), atributo que suele estar positivamente relacionado con el arraigo en plantación (SIMPSON & RITCHIE, 1997).

En este contexto se plantea el presente trabajo para estudiar si, gracias al acondicionamiento hídrico, se mejoran la supervivencia y el desarrollo posttrasplante en plantones de encina.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron bellotas de procedencia La Alcarria, S<sup>a</sup> Cuenca, semilladas el 13 de noviembre de 1995 en el Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo" (Guadalajara), empleándose como envase el ®Forest Pot 300 con un sustrato de turba y vermiculita (80-20 %). Se fertilizó de manera estándar (VILLAR, 1997).

Hasta el comienzo del preacondicionamiento el riego fue diario a capacidad de campo. Las plantas permanecieron al aire libre, cubriéndose con un plástico durante los escasos episodios de lluvia. Se establecieron cuatro tratamientos: un control regado constantemente y tres niveles de estrés hídrico: bajo (B), moderado (M) y fuerte (F) según la pérdida de peso de las bandejas respecto a saturación (30% para el nivel bajo, 40-45% para el moderado y 45-50% para el fuerte). Hubo dos momentos de comienzo en la aplicación de los niveles de estrés (19 de agosto y 19 de septiembre) finalizando ambos el 29 de noviembre, por lo que la mitad de los tratamientos estuvieron preacondicionándose durante 3.5 meses (1) y el resto 2.5 meses (2). Se aplicó un diseño factorial 3x2 con un control aislado estructurado en tres bloques completos al azar.

El test de potencial de crecimiento radical (PCR) se llevó a cabo utilizando 20 plantas por tratamiento, que fueron trasplantadas a contenedores prismáticos de 3L rellenos con perlita y situadas al azar en una cámara de cultivo. Por el día la temperatura se mantuvo a 25° C durante 16 horas y por la noche fue de 20° C. La humedad relativa máxima varió entre el 40 y el 80%. Transcurridos 28 días, las plantas fueron extraídas de los envases y, de cada individuo, se cor-

taron y midieron todas las raíces nuevas mayores de 1 cm.

Para la plantación en condiciones controladas se utilizaron ocho contenedores de 0.6 m<sup>3</sup> (1 m<sup>2</sup> de superficie) que se rellenaron con una mezcla 1:1 de arena y turba y se colocaron en un invernadero ventilado. En cada contenedor fueron dispuestos los tratamientos en siete filas asignadas al azar con ocho plantas cada una. Después de plantarse, se regaron y a partir de entonces, la mitad se regaron cuando el contenido hídrico del sustrato era del 20% (ambiente méxico) y la otra mitad cuando este valor alcanzaba el 3% (ambiente xérico), valores medidos mediante TDR (Time Domain Reflectometry) con sondas enterrables y un equipo TRASE (Solmoisture E.).

Se midieron la altura y el diámetro en el cuello de la raíz de todas las plantas en el momento de la plantación y tras el primer periodo vegetativo. Como medida del tamaño de las plantas se empleó el incremento en volumen del tallo, calculado como  $0.33 \times \pi \times (0.5 \times \text{diámetro del cuello de la raíz})^2 \times \text{altura de la planta}$  entre dos momentos (plantación y un año después).

En cuanto al análisis de los datos, el PCR se analizó mediante un análisis de varianzas (ANOVA) con control aislado, considerando como factores los niveles de estrés hídrico (bajo, moderado y fuerte) y la duración del acondicionamiento (3.5 y 2.5 meses). Para la comparación de medias se utilizó el test LSD. Las diferencias entre el control aislado y el resto de los tratamientos se realizaron mediante comparaciones pareadas, utilizándose los individuos como unidad experimental. La mortalidad en el ambiente xérico de la plantación controlada se analizó mediante una ANOVA de dos vías, en la que los factores fueron los bloques (cuatro) y los tratamientos de acondicionamiento (siete). El crecimiento fue analizado mediante una ANCOVA de tres vías, a partir de un diseño en parcelas divididas con cuatro bloques, donde el ambiente de plantación (xérico y méxico) y el bloque fueron los factores principales y los siete niveles de

acondicionamiento en vivero el subfactor, mientras que la altura de plantación fue considerada como covariable.

## RESULTADOS

El potencial de crecimiento radical resultó afectado negativamente por el acondicionamiento por estrés hídrico. Las plantas control presentaron valores significativamente superiores al resto de los tratamientos (estrés bajo, moderado y fuerte), a pesar de que entre ellos no aparecieron diferencias estadísticamente significativas (tabla 1). La duración del acondicionamiento no influyó en este parámetro ( $F = 0.81$ ;  $p = 0.37$ ). Tampoco hubo interacción entre la duración y los niveles de acondicionamiento ( $F = 2.80$ ;  $p = 0.06$ ).

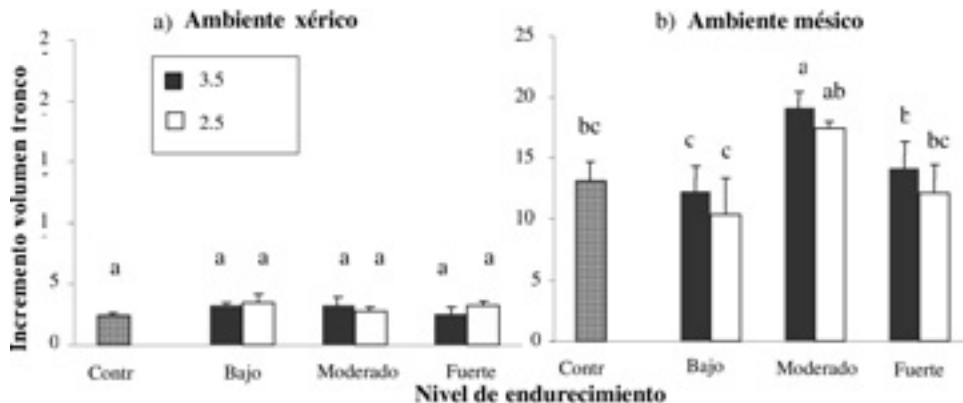
El incremento del volumen del tronco transcurrido un año desde la plantación resultó casi cinco veces superior en el ambiente méxico que en el xérico (figura 1). Se produjo una interacción significativa entre el ambiente de plantación y el nivel de acondicionamiento ( $F = 2.70$ ;  $p = 0.029$ ). Mientras que en el ambiente xérico no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, en el ambiente más húmedo el tratamiento de estrés moderado ofreció plantones con crecimientos significativamente mayores que el resto. Sin embargo, al introducir en el análisis la altura inicial de plantación como covariable, desapareció la interacción descrita ( $F = 1.57$ ;  $p = 0.18$ ). Sólo en el ambiente méxico, el tamaño inicial de los plantones se relacionó positivamente y de manera significativa con su posterior crecimiento en volumen (figura 3).

## DISCUSIÓN

La respuesta negativa del potencial de crecimiento radical ante el endurecimiento por estrés hídrico ha sido descrita por otros autores (TINUS, 1996; VILLAR-SALVADOR *et al.*, 1999), si bien

	Control	Bajo (3.5 meses)	Moder. (3.5)	Fuerte (3.5)	Bajo (2.5 meses)	Moder. (2.5)	Fuerte (2.5)
RGC (cm)	298±31 a	231±17 b	178±24 b	192±22 b	177±16 b	170±17 b	202±25 b

**Tabla 1.** Potencial de crecimiento radical de plantones de *Quercus ilex* sometidos a distintos niveles y duración de acondicionamiento por estrés hídrico en vivero



**Figura 1.** Incremento en volumen de los tallos de plántulas de *Quercus ilex* plantadas en condiciones controladas en ambientes xérico (a) y mésico (b) transcurrido un periodo vegetativo en función de los niveles de endurecimiento a que se sometieron en vivero

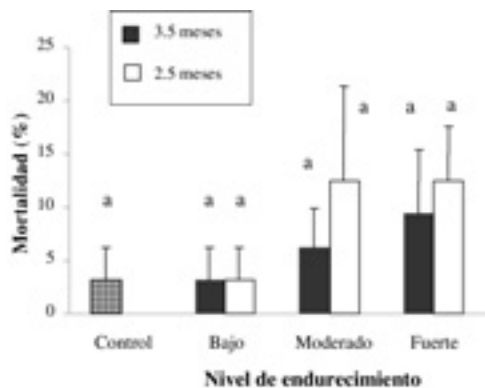
tanto efectos positivos o indiferencia en la respuesta de este parámetro han sido igualmente constatados (VAN DEN DRIESSE, 1991b; ARNOTT et al. 1993). La reducción del número de raíces producidas tras este test podría explicarse considerando que el crecimiento de nuevas raíces es muy dependiente del estrés sufrido por la planta previamente (TINUS, 1996).

En el ambiente más árido de plantación no se produjeron diferencias significativas según los niveles de estrés aplicados. Sin embargo en el ambiente mésico los crecimientos de las plantas de estrés moderado si resultaron significativamente superiores, destacando que las plantas que

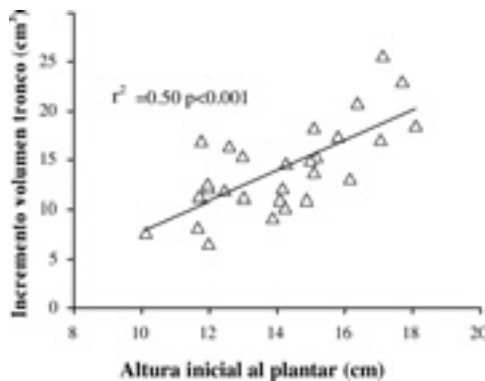
eran más grandes en el momento de la plantación fueron las que más crecieron. Similares efectos han sido observados en coníferas (SOUTH, 2001) y pueden ser atribuidos a la mayor capacidad de asimilación de las plantas más desarrolladas. No obstante, otras características funcionales deberían ser consideradas para completar el estudio del crecimiento y supervivencia.

### CONCLUSIONES

En el presente estudio, el endurecimiento por estrés hídrico moderado produjo plantas con



**Figura 2.** Mortalidad de plántulas de *Quercus ilex* al año de ser plantados en ambiente xérico según los niveles de endurecimiento



**Figura 3.** Regresión entre el incremento en volumen del tallo y la altura inicial de plántulas de *Quercus ilex* después de un año de plantación en ambiente mésico

mayores crecimientos al año de plantación en ambiente méxico que el resto de los tratamientos ensayados, hecho atribuible fundamentalmente a las diferencias de tamaño en el momento de la plantación.

### Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Medio Ambiente (Centro de Mejora Forestal El Serranillo) y por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, del Ministerio de Ciencia y Tecnología).

### BIBLIOGRAFÍA

- ALBOUCHI, A.; SEBEL, H.; MEZNI, M.Y. & EL AOUNI, M.H.; 2001. Influence de la durée d'acclimatation sur l'endurcissement à la sécheresse d'Acacia cyanophylla Lindl. *Ann. For. Sci.* 58: 519-528.
- ALI ABOD, S. & SIMON, S.; 1983. Effect of restricted watering and its combination with root pruning on root growth capacity, water status, and food reserves of *Pinus caribea* var. *hondurensis*. *Plant Soil* 71: 123-129
- ARNOTT, J.T.; GROSSNICKLE, S.C.; PUTTONEN, P.; MITCHEL, A.K. & FOLK, R.S.; 1993. Influence of nursery culture on growth, cold hardiness, and drought resistance of yellow cypress. *Can. J. For. Res.* 23: 2537-2547.
- BAEZA, M.J.; PASTOR, A.; MARTÍN J. Y IBÁÑEZ, M.; 1991. Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante. *Studia Oecol.* 8: 139-146
- EDWARDS, D.R. & DIXON, M.A.; 1995. Mechanisms of drought response in *Thuja occidentalis* L.II. Post-conditioning water stress and stress relief. *Tree Physiol.* 15: 129-133.
- SIMPSON, D.G. & RITCHIE, G.A.; 1997. Does RGP predict field performance? A debate. *New Forests* 13: 253-277.
- SOUTH, D.B.; Raskestraw, J.L. & Lowerts, G.A.; 2001. Early gains from planting large-diameter seedlings and intensive management are additive for loblolly pine. *New Forests* 22: 97-110.
- VAN DEN DRIESSCHE, R.; 1991a. Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. I. Survival and growth. *Can. J. For. Res.* 21: 555-565.
- VAN DEN DRIESSCHE, R.; 1991b. Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. II. Stomatal conductance, specified leaf area, and root growth capacity. *Can. J. For. Res.* 21: 566-572
- VILLAR-SALVADOR, P.; OCAÑA L.; PEÑUELAS, J. & CARRASCO, I.; 1999. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill. (Aleppo pine) seedlings. *Ann. For. Sci.* 56: 459-465.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; OLIVET, J. Y GONZÁLEZ DE CHÁVEZ, M.; 1998. Efecto de diferentes niveles de estrés hídrico y de su duración en las relaciones hídricas de plántulas de *Quercus ilex*. In: *Proceedings of the 4<sup>o</sup> Simposium Hispano-Portugués de relaciones hídricas en las plantas*: 65-68. Spanish Society of Plant Physiology. Murcia.
- TINUS, R.; 1996. Root growth potential as an indicator of drought stress history. *Tree Physiol.* 16: 795-799.