

## Efecto de diferentes niveles de estrés hídrico y de su duración en las relaciones hídricas de plántulas de *Quercus ilex*

Pedro Villar Salvador<sup>1</sup>, Rosa Planelles<sup>2</sup>, Juan Oliet Palá<sup>3</sup>, Manuela González de Chavez<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> INIA. Dpto. Uso Sostenible del Medio Natural, Apdo. 8111, 28080 Madrid. Tel. 91-3476739

<sup>3</sup> E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes. Dpto. Ingeniería Rural. Apdo. 3048. 14080 Córdoba. Tel. 957-218652

### Summary

The aim of this study was to analyse the effect of different water stress conditioning treatments and their duration on the water relations of *Quercus ilex* seedlings. Four drought levels (control, low, mild and strong) and two conditioning durations (2.5 and 3.5 months) were tested immediately after (end November) and 70 days after conditioning (February). For each treatment the osmotic potential at full turgor ( $\Psi_{\pi s}$ ), the osmotic potential ( $\Psi_{\pi tlp}$ ) and the water saturation deficit (WSD<sub>tlp</sub>) at the turgor loss point, the modulus of elasticity near full turgor ( $\epsilon$ ) and the residual transpiration were determined. Immediately after conditioning, only mild treatment plants exhibited a significant osmotic adjustment and a lower  $\Psi_{\pi tlp}$  than control plants. Mild conditioned seedlings for 2.5 months presented a higher E than control plants, no differences existing between the other treatments. WSD<sub>tlp</sub> did not differ among treatments but residual transpiration was significantly lowered in the mild and strong conditioning treatments. Conditioning duration did not exert any effect on the examined features. On February, 70 days after conditioning,  $\Psi_{\pi s}$ ,  $\Psi_{\pi tlp}$  and residual transpiration of all treatments were lower than in November and did not differ among treatments. Duration of conditioning only showed a significant effect on residual transpiration, the plants conditioned for 3.5 months showed lower transpiration rate. Disappearance of differences between the mild treatment and control was not related to a de-hardening of mild treatment plants after water stress release but to a higher reduction of  $\Psi_{\pi s}$ ,  $\Psi_{\pi tlp}$  and residual transpiration in control plants than in the other treatments, probably induced by the low winter temperatures and shortening of days.

### Introducción

Estudios realizados en poblaciones naturales demuestran que los individuos adultos de *Q. ilex* realizan ajustes osmóticos importantes durante los periodos de estrés hídrico estival (Kyriakopoulos y Richter, 1991; Sala y Tenhunen, 1994). Dicha respuesta ha sido considerada como un mecanismo que puede incrementar la resistencia en situaciones de deficiencia hídrica permitiendo mantener la turgencia de los tejidos a menores contenidos relativos de agua. Del mismo modo, *Q. ilex* presenta una transpiración residual significativamente menor que la de otras especies (Savé, 1990), lo que sugiere que esta especie es capaz de mantener muy bien sus reservas de agua ante situaciones de fuerte estrés hídrico en las que se producen prolongados periodos de cierre estomático. A pesar de estas características, las repoblaciones con encina sufren elevado número de marras durante el primer año, probablemente debido a que las plantas experimentan un fuerte estrés hídrico, tal como sugieren algunas medidas realizadas (datos no publicados).

Los objetivos de este trabajo son : 1) evaluar el efecto de diferentes niveles de estrés hídrico y su duración en la respuesta de algunos parámetros hídricos relacionados con la resistencia de las plantas a la sequía (ajuste osmótico, modificación de la elasticidad de las paredes celulares y transpiración residual). 2) En el caso de producirse cambios, determinar si se mantienen 70 días después de la conclusión del proceso de endurecimiento.

## Material y métodos

Se han empleado bellotas de procedencia La Alcarria-Serranía de Cuenca, semilladas el 13 de noviembre de 1995 en el Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”, empleándose como envase el <sup>®</sup>Forest Pot 300, con un sustrato de turba y vermiculita ( 80-20 %). Se fertilizó de manera estándar (Villar Salvador, 1997).

Hasta el comienzo del preacondicionamiento el riego fue diario a capacidad de campo. En el momento de iniciar el ensayo se establecieron cuatro niveles de estrés hídrico: un control regado constantemente y tres niveles de estrés: bajo, moderado y fuerte determinados en función de 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 2.5 meses y el resto 3.5 meses. Se aplicó un diseño factorial 3x2 con un control aislado estructurado en tres bloques completos al azar. Las plantas permanecieron al aire libre, cubriéndose con un plástico durante los escasos episodios de lluvia.

Para caracterizar las relaciones hídricas se realizaron curvas presión-volumen según ROBICHAUX (1984), de las que se obtuvieron: el potencial osmótico en el punto de saturación ( $\Psi\pi_s$ ) y en el punto de pérdida de turgencia ( $\Psi\pi_{pt}$ ), el déficit de saturación hídrica en el punto de pérdida de turgencia ( $DSH_{pt}$ ). El módulo de elasticidad cerca del punto de saturación ( $\epsilon$ ) fue determinado según BOWMAN y ROBERTS (1985). La tasa de transpiración residual se midió en 10 plantas de cada tratamiento según la metodología explicada en Villar et al. (1997) en cámara de cultivo a 20 °C y un déficit de presión de vapor de agua de 0.47 KPa, determinándose la tasa de transpiración referida al peso seco ( $mmol\ kg^{-1}\ s^{-1}$ ). Ambas caracterizaciones se repitieron inmediatamente finalizado el ensayo, en noviembre 96 y a los 70 días en febrero 97.

## Resultados

De todos los tratamientos ensayados se observó una reducción en  $\Psi\pi_s$  y  $\Psi\pi_{pt}$  entre los de nivel moderado y el control, que se volvió significativa para el iniciado en septiembre. En cuanto al  $DSH_{pt}$  no se observaron diferencias significativas. El  $\epsilon$  del tratamiento de estrés moderado iniciado en septiembre fue significativamente superior al de las plantas control (paredes más rígidas), sin que se observaran diferencias en el resto de los tratamientos. En las curvas efectuadas a los 70 días no se observaron diferencias significativas en los potenciales osmóticos; si bien todos los tratamientos experimentaron reducción en los valores de  $\Psi\pi_s$  y  $\Psi\pi_{pt}$ .  $DSH_{pt}$  y  $\epsilon$  no presentaron tendencias claras (datos no presentados).

En las mediciones efectuadas en noviembre los resultados de transpiración residual mostraron que los tratamientos moderado y fuerte presentaron valores significativamente menores que el

testigo y el bajo. Estas diferencias dejaron de ser significativas en febrero, presentándose para todos los tratamientos descensos en la transpiración residual respecto a los valores de noviembre, especialmente en las plantas control. Las mediciones de febrero evidenciaron que la duración del nivel de estrés fue significativa, siendo mayores las tasas de transpiración de los tratamientos aplicados durante 2,5 meses.

Tabla 1.- Potencial osmótico en el punto de saturación ( $\Psi\pi_s$ ) y en el punto de pérdida de turgencia ( $\Psi\pi_{pt}$ ), déficit de saturación hídrica en el punto de pérdida de turgencia ( $DSH_{pt}$ ) y módulo de elasticidad cerca del punto de saturación ( $\epsilon$ ) en los diferentes tratamientos de endurecimiento. Valores en una columna con la misma letra indican que no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ). $n=8$ .

Fecha de comienzo/ Nivel endurecimiento	$\Psi\pi_s$ (MPa)	$\Psi\pi_{pt}$ (MPa)	$DSH_0$ (%)	$\epsilon$ (MPa)
Agosto/bajo	$-2.64 \pm 0.07$ ab	$-3.21 \pm 0.08$ ab	$9.7 \pm 1.2$ a	$35.6 \pm 0.61$ ab
Agosto/moderado	$-2.80 \pm 0.08$ a	$-3.45 \pm 0.06$ ab	$12.0 \pm 0.8$ a	$33.6 \pm 0.43$ ab
Agosto/fuerte	$-2.76 \pm 0.06$ ab	$-3.34 \pm 0.07$ ab	$10.1 \pm 0.8$ a	$37.4 \pm 0.52$ ab
Septiembre/bajo	$-2.74 \pm 0.06$ ab	$-3.43 \pm 0.11$ ab	$11.1 \pm 1.0$ a	$35.6 \pm 0.49$ ab
Septiembre/moderado	$-2.91 \pm 0.11$ a	$-3.51 \pm 0.08$ a	$10.1 \pm 0.8$ a	$42.3 \pm 0.6$ a
Septiembre/fuerte	$-2.69 \pm 0.07$ ab	$-3.29 \pm 0.08$ ab	$9.9 \pm 0.6$ a	$35.9 \pm 0.42$ ab
Control	$-2.60 \pm 0.05$ b	$-3.22 \pm 0.07$ b	$10.5 \pm 0.83$ a	$28.2 \pm 0.57$ b

## Discusión

Inmediatamente después de terminar el periodo de precondicionamiento (noviembre), solamente los tratamientos de estrés moderado presentaron reducciones significativas del  $\Psi\pi_s$  y  $\Psi\pi_{pt}$  respecto al control. La duración del periodo de precondicionamiento, sin embargo, no presentó ninguna influencia clara sobre los parámetros analizados. La disminución del  $\Psi\pi_s$  en condiciones experimentales también ha sido resaltada en otras especies del género *Quercus* (Kleiner et al., 1992; Collet y Guehl, 1997) y demuestra, que la capacidad de ajuste osmótico observada en poblaciones naturales de encina puede ser inducida en plantas producidas en vivero. Dicha respuesta puede permitir a las plantas desarrollar potenciales de turgencia mayores para un mismo DSH que las plantas control, dando como resultado un mayor crecimiento y el mantenimiento de la conductancia estomática en situaciones de DSH cercanos al punto de pérdida de turgencia (Turner, 1986). Ello, además, se realizaría con el mismo coste de pérdida de agua ya que los tratamientos no presentaron diferencias en el  $DSH_{pt}$ , a pesar del ajuste osmótico.

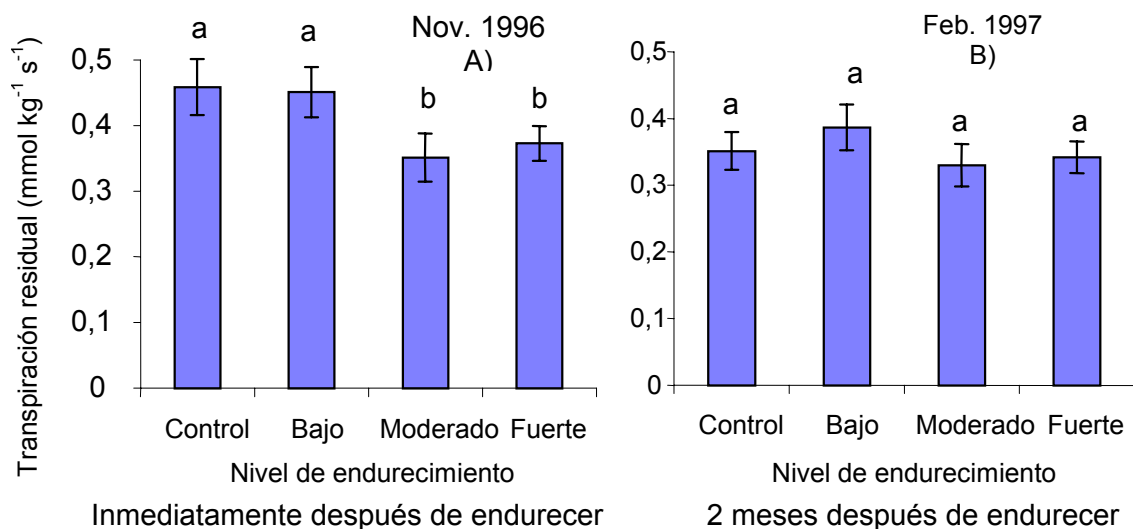


Figura 1.- Transpiración cuticular en plántulas de *Q. ilex* sometidas a distintos niveles de endurecimiento y medidos inmediatamente después de endurecer (A) y a los 70 días (B). Las barras verticales representan el error estándar. Medias con la misma letra indican que no presentan diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ).

Los tratamientos moderado y fuerte presentaron una menor transpiración residual en noviembre que el control y el tratamiento bajo. Esta respuesta, que también ha sido observada en otras especies al ser sometidas a endurecimiento por estrés hídrico (Rook, 1973; Villar Salvador et al., 1997), puede facilitar el mantenimiento de las reservas de agua de las plantas en situaciones de fuerte estrés hídrico, después de producirse el completo cierre estomático.

Dos meses después del precondicionamiento (febrero) no se observaron diferencias entre tratamientos en el  $\Psi_{\pi s}$  y  $\Psi_{\pi pt}$  ni en la transpiración residual. La desaparición de las diferencias no fue debida a un relajamiento de los tratamientos moderados, sino a que todos, y en especial el tratamiento control y bajo, experimentaron reducciones del  $\Psi_{\pi s}$ ,  $\Psi_{\pi pt}$  y de la transpiración residual no asociadas a estrés hídrico. Este proceso de “autoendurecimiento” durante el periodo invernal ha sido también observado en poblaciones naturales de *Q. ilex* (Kyriakopoulos y Richter, 1991) y podría estar inducido por la reducción de la temperatura y el acortamiento del fotoperiodo (Van den Driessche, 1988). El hecho de que el tratamiento moderado presentara en febrero las reducciones de  $\Psi_{\pi s}$ ,  $\Psi_{\pi pt}$  y de transpiración residual más modestas con respecto a noviembre, sugiere que dichas plantas podrían haber alcanzado un nivel de endurecimiento inducido por el estrés hídrico, difícil de ser incrementado por otros factores.

Podemos concluir que 1) el endurecimiento por estrés hídrico moderado induce ajustes osmóticos en los brinzales de *Q. ilex*. Las plantas sometidas a estrés hídrico moderado y fuerte, muestran una transpiración cuticular menor que las plantas control y las sometidas a estrés bajo. 2) El tiempo de duración del periodo de precondicionamiento no influye en las relaciones hídricas de las plantas inmediatamente después de finalizar. 3) Transcurridos 70 días desde la conclusión del precondicionamiento las diferencias entre las plantas control y las del tratamiento moderado desaparecen, pero no por relajamiento de los últimos, sino por un proceso de autoendurecimiento, experimentado más intensamente en los tratamientos control y bajo.

## **Agradecimientos**

Agradecemos al Profesor J.A. Pardos de la ETS de Ingenieros de Montes y demás miembros de la Unidad de Anatomía y Fisiología Vegetal por facilitarnos el uso de su cámara de cultivo y a F. Artero por su ayuda durante la realización de las curvas P-V.

## **Bibliografía**

- Bowman WD, Roberts SW (1985). *Physiol Plant* 5, 233-236.
- Collet, C. y Guehl, J.M. (1997). *Annales des Sciences Forestieres* 54:389-394
- Kleiner, W.K.; Abrams, M.D. y Schultz, J.C. (1992). *Tree Physiology* 11:271-287
- Kyriakopoulos, E. ; Richter, H. (1991). *Acta Oecologica* 12:357-367
- Robichaux, RH. (1984). *Oecologia* 65:75-81
- Rook, DA. (1973). *New Zealand Journal of Forest Science* 3:54-69
- Sala, A; Tenhunen, J.D. (1994). *Tree Physiology* 14:601-617
- Savé, R; Rabella R; Gascón, E; Terradas, . (1990). International workshop *Quercus ilex* L. ecosystems.
- Turner N (1986). *Australian Journal of Plant Physiology* 13, 175-190.
- Van den Driessche, R. (1988). *Canadian Journal of Forest Research* 19:413-421
- Villar-Salvador, P.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.; Carrasco, I.; Domínguez, S. y Revilla, I. (1997). *Cuadernos de la Sociedad. Española de Ciencias Forestales* 4 :81-92.