

## SEGUIMIENTO EN CAMPO DE UN ENSAYO SOBRE CALIDAD DE PLANTA DE ALCORNOQUE (*Quercus suber* L.)

M. Pardos Míguez; L. Cañellas Rey de Viñas. y G. Montero González.

Dpto. Selvicultura. CIFOR-INIA. Ap. Correos 8.111. 28080- MADRID (España). Correo electrónico: pardos@inia.es

### Resumen

La escasa regeneración natural del alcornoque, consecuencia de los tratamientos propios de los sistemas agrosilvopastorales donde se encuentra, así como el creciente interés de la forestación con la especie, conducen a la necesidad de disponer de planta adecuada, capaz de sobrevivir y desarrollarse en campo. En el presente trabajo se estudia la influencia de distintas técnicas de cultivo (envase, sustrato, fertilización y micorrización) en la supervivencia y posterior desarrollo en campo de una plantación de alcornoque. La supervivencia disminuyó hasta valores entre 15% y 35% en octubre 1999, según año de plantación, con influencia de los riegos de verano. Se recomienda envase FP-300, sustrato con corteza de pino y turba, fertilización en el sustrato e inoculación en vivero. Las mediciones hídricas y de intercambio gaseoso muestran la ausencia de estrés severo en las plantas y la efectividad del alcornoque para evitar la sequía.

Palabras clave: *Regeneración, Supervivencia, Potencial hídrico, Intercambio gaseoso, Quercus suber*

### INTRODUCCIÓN

El alcornoque es una especie relevante en el ámbito forestal de la Península Ibérica. Tanto el aprovechamiento de sus productos, como los tratamientos propios de los sistemas agrosilvopastorales donde se encuentra, han conducido a una notable alteración de sus masas, así como a una dificultad en la regeneración natural, que se ve agravada por el abandono del equilibrio arbolado-pastizal-ganado en favor de un pastoreo intensivo (SAN MIGUEL, 1994). Ello conduce a una degradación artificial de la masa, que hace necesaria la regeneración artificial, resultando más efectiva la plantación. Por su parte, el creciente interés económico de la producción corchera, junto con las

ayudas para la reforestación auspiciadas por los R.D. 378/1993 y 152/1996, favorecen a esta especie, que se considera adecuada para su empleo en tierras marginales de la agricultura. Todo ello conduce a la necesidad de producir planta de alcornoque de calidad, que cumpla los requisitos mínimos que aseguren su supervivencia y desarrollo en campo (ROSE et al., 1990).

El objetivo de este trabajo es el estudio de la influencia de diferentes operaciones y técnicas de cultivo de la planta de alcornoque en vivero sobre el posterior desarrollo de la plantación llevada a cabo sobre un antiguo pastizal, mediante la realización de mediciones de parámetros morfológicos y fisiológicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon bellotas de alcornoque, procedencia Parque de los Alcornocales-Serranía de Ronda, recolectadas durante dos cosechas (1994 y 1995), con un peso medio de 5,3 y 8,2 g, respectivamente. Las variables de cultivo en vivero fueron: envase, sustrato, fertilización y micorrización (Tabla 1). Las plantas se regaron en vivero a capacidad de campo según necesidades hídricas. Transcurrido un periodo vegetativo (noviembre 1995 y 1996), se plantaron a marco real de 1m x1m en un antiguo terreno agrícola, con un diseño en bloques incompletos al azar dentro de cada ensayo, en la finca el Dehesón del Encinar (Toledo). La unidad experimental (tratamiento) estaba representada por seis plantas. La plantación se regó durante los veranos de 1996 y 1997.

Se llevó a cabo un seguimiento de la supervivencia hasta octubre de 1999. Se midieron la altura y el diámetro en el momento de la plantación y al final de cada periodo vegetativo hasta octubre 1997, en un tercio de las plantas. Además, hasta 1997 inclusive y sólo en la plantas de la plantación de 1995, se realizaron mediciones periódicas a lo largo del periodo vegetativo, del potencial hídrico al mediodía (cámara de Scholander) y de parámetros de intercambio gaseoso (analizador de gases por infrarrojo IRGA ADC-LCA 4). Sólo durante 1996 se midió

además el potencial hídrico de base. Se tomaron también la temperatura (sonda de 20 cm) y humedad del suelo (por reflectometría mediante un TDR, expresada en % en volumen; con dos tipos de sondas: enterrada horizontalmente a 50 y 100 cm; de 15 cm, colocada verticalmente).

Se realizaron medias por tratamiento dentro de cada ensayo y análisis de varianza, considerando como efectos principales el envase, sustrato, fertilización y micorrización -dentro de cada ensayo- y la fecha de medición. Las diferencias entre medias se trataron mediante el test múltiple de Tukey.

## RESULTADOS

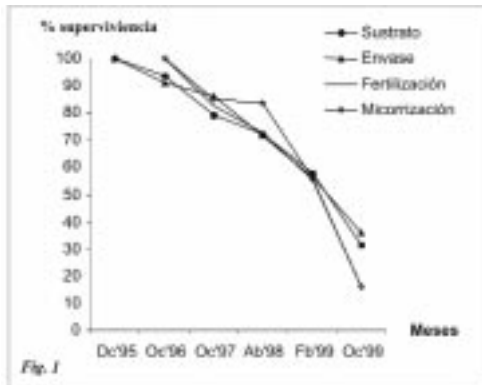
La supervivencia disminuyó gradualmente, hasta valores entre 35% y 15% en octubre de 1999, según año de plantación (Fig. 1a). La disminución más importante en la plantación de 1995 se produjo a partir de los 3,5 años, adelantándose a los 2,5 años en la realizada en 1996. Las plantas fertilizadas mostraron mayor supervivencia que las control en las dos últimas mediciones (febrero y octubre 1999) ( $P=0,0178$ ) (Fig. 1b).

En enero 1996, las plantas producidas en el envase FP-300 (E1) presentaron un diámetro

*Tabla 1. Resumen de la información sobre las técnicas de cultivo empleadas en vivero.*

Técnica de cultivo	Tratamiento	Inicio ensayo vivero	Año de plantación	nº repetición	nº plantas
Tipo de envase	E1 E2	Dic-1994	Nov-1995	6	72
Tipo de sustrato	S1 S3 S5	Dic-1994	Nov-1995	6	108
Fertilización	Co FT FFOL	Dic-1995	Nov-1996	4	70
Micorrización	Co Pt	Dic-1995	Nov-1996	10	87

E1: Forest-Pot 300 cc/alveolo; E2: Forest-Pot 150 cc/alveolo; S1: mezcla de turba (Spaghnum peat moss) + vermiculita grado 2 (3:1, v:v); S3: mezcla turba + corteza de pino (1:1, v:v); S5: mezcla turba + tierra de alcornocal (1:1, v:v); Co: plantas control, sin tratar; FT: fertilizante de liberación lenta aplicado al sustrato (Osmocote 11/18/10/2 MgO). Dosis: 2,5 Kg.m<sup>-3</sup>. Aplicación única; FFOL: fertilización por pulverización foliar de solución acuosa NPK (20/20/20). Dosis: 15g.l<sup>-1</sup>. Aplicación semanal durante 1,5 meses; Pt: inoculación con esporas de *Pisolithus tinctorius* incorporadas al sustrato previo a la siembra. Dosis de inóculo: 2x10<sup>7</sup> esporas/planta.



**Figura 1.** Porcentaje de supervivencia en campo según ensayo.

significativamente mayor. Las plantas cultivadas en el sustrato S3 mostraron una altura significativamente mayor en octubre de 1996 y 1997. La micorrización y la fertilización foliar presentaron un efecto significativo sobre la altura en enero y octubre 1997, y sobre el diámetro en enero 1997 (Tabla 2).

Durante 1996, los valores máximos de los potenciales hídricos de base y al mediodía se alcanzaron en octubre y mayo, respectivamente, con mínimos en verano. En 1997, se observaron los potenciales más altos en abril y mayo, valores intermedios en junio y julio y los más negativos en septiembre y octubre (Figura 3).

Al igual que con el potencial hídrico, las diferencias en los parámetros de intercambio gaseoso van asociadas a la fecha (Figura 4). En 1996, la tasa fotosintética (A) mostró valores similares en las tres primeras mediciones, aumentando posteriormente en las dos siguientes. Los valores máximos de la transpiración (E) se alcanzaron en julio y septiembre, disminuyendo de forma significativa al final del periodo vegetativo. En 1997, los valores máximos de la fotosíntesis se observaron en junio y los mínimos en septiembre y octubre. La transpiración mostró una evolución similar a la fotosíntesis.

La Figura 2 muestra la evolución de la temperatura y humedad del suelo durante los periodos vegetativos de 1996 y 1997. La temperatura aumentó de forma gradual y significativamente desde abril hasta el máximo de julio, disminuyendo progresivamente hasta octubre. La humedad partió de un máximo en abril y descendió en los meses siguientes, recuperándose ligeramente en octubre, pero sin alcanzar los valores iniciales. Se observan diferencias marcadas entre el porcentaje de humedad a 1m y 0,5 m.

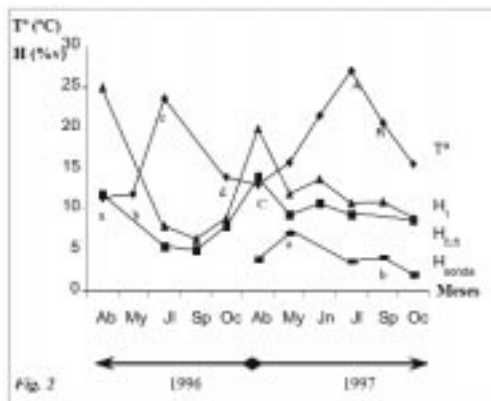
## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La supervivencia en campo mostró una disminución progresiva, que se acentúa a los 3,5 y 2,5 años, respectivamente, de realizarse la

**Tabla 2.** Altura y diámetro medio ( $\pm$ EE) según tratamiento dentro de cada ensayo, y test de medias de Tukey.

Ensayo	Trat	Altura			Diámetro		
		En'96	Oct'96	Oct'97	En'96	Oct'96	Oct'97
Envase	E1	20.5 $\pm$ 1.5	32.0 $\pm$ 1.9	55.3 $\pm$ 2.8	3.1 $\pm$ 0.1 a	7.2 $\pm$ 0.3	13.7 $\pm$ 0.6
	E2	17.5 $\pm$ 0.9	33.1 $\pm$ 3.0	61.5 $\pm$ 3.9	2.7 $\pm$ 0.1 b	6.6 $\pm$ 0.4	14.5 $\pm$ 0.7
Sustrato	S1	20.5 $\pm$ 1.5	32.0 $\pm$ 1.9 b	55.3 $\pm$ 2.8 ba	3.1 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.3	13.7 $\pm$ 0.6
	S3	17.3 $\pm$ 1.4	39.6 $\pm$ 2.2 a	62.5 $\pm$ 4.7 a	3.3 $\pm$ 0.2	7.5 $\pm$ 0.4	13.4 $\pm$ 0.9
	S5	19.5 $\pm$ 1.8	33.2 $\pm$ 2.9 ba	46.9 $\pm$ 2.7 b	2.9 $\pm$ 0.2	7.3 $\pm$ 0.4	12.2 $\pm$ 0.5
			En'97	Oct'97		En'97	Oct'97
Fertilizac	Co		21.7 $\pm$ 1.8 b	35.7 $\pm$ 2.7 b		3.9 $\pm$ 0.2 b	7.6 $\pm$ 0.4
	Ffol		42.1 $\pm$ 1.4 a	51.7 $\pm$ 2.2 a		4.9 $\pm$ 0.2 a	10.4 $\pm$ 0.5
	Fr		27.0 $\pm$ 2.9 b	43.5 $\pm$ 11.9 ba		3.6 $\pm$ 0.4 b	9.2 $\pm$ 1.4
Micorriz.	Co		18.3 $\pm$ 2.3 b	31.0 $\pm$ 2.3 b		3.4 $\pm$ 0.3 b	7.3 $\pm$ 0.6
	Pr		24.7 $\pm$ 1.0 a	41.3 $\pm$ 1.5 a		4.0 $\pm$ 0.1 a	8.4 $\pm$ 0.3

Medias con distinta letra son significativamente diferentes



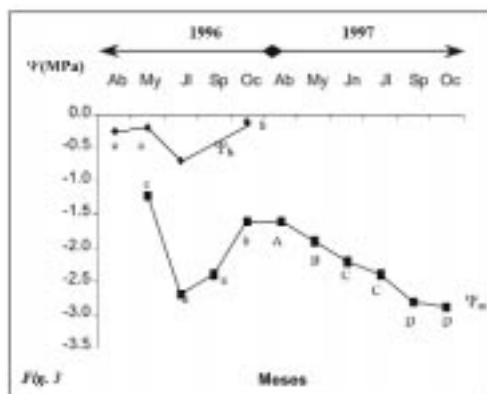
**Figura 2.** Evolución de la humedad y temperatura del suelo en los periodos vegetativos de 1996 y 1997.  $H_{0,5}$  y  $H_1$ : humedad a 0,5 y 1 m;  $H_{sonda}$ : humedad en los 15 cm superiores;  $T^2$ : temperatura a 20cm.

Medias con distinta letra son significativamente diferentes.

misma. Las diferencias finales van asociadas en gran parte a los riegos realizados durante los veranos de 1996 y 1997, de los que la plantación de 1995 se benefició durante dos años consecutivos; lo que se traduce en unos porcentajes de supervivencia dobles a los alcanzados en la plantación de 1996. Por lo general, se esperan porcentajes de marras entre el 15-25% (MONTERO y CAÑELLAS, 1999). Estos valores se incrementaron notablemente en la plantación, debido al daño indiscriminado producido por los topes, a los que se achaca el 90% de las marras. Las condiciones creadas en la forestación favorecen la presencia de estos roedores, que son capaces de roer raíces de hasta 4 cm de diámetro a unos 20 cm de profundidad.

Generalmente, un mayor volumen de envase se asocia a un mayor crecimiento de la planta en altura, diámetro, raíz y pesos secos (ARNOTT et al., 1988). Esto se observa en el momento de la plantación, pero no posteriormente; sin embargo, el envase FP-150 se considera pequeño para el cultivo de *Quercus*, por lo se recomienda utilizar como mínimo envases de 300 cc, incluso mayores de 400cc (ARGUILLER et al., 1988).

De los tres sustratos utilizados, S3 y S1 dan lugar a planta más robusta, capaz de sobrevivir mejor y de mayor talla. El sustrato S5 no pre-



**Figura 3.** Evolución del potencial hídrico de base ( $\Psi_b$ ) y al mediodía ( $\Psi_m$ ).

Medias con distinta letra son significativamente diferentes.

senta la porosidad necesaria en los sustratos empleados para el cultivo de las plantas (LANDIS et al., 1989).

El efecto de la fertilización es notable sobre el crecimiento y la supervivencia. La mayor concentración de N y P en las plantas con fertilización foliar puede disminuir su capacidad de respuesta a condiciones de sequía; por ello WEIXING y HOGAN (1997) recomiendan evitar una excesiva fertilización si las plantas se colocan en lugares xéricos. Por su parte, MEXAL et al. (1995) relacionan un mayor tamaño de la planta y un incremento del estado nutricional con la mejor supervivencia y crecimiento en campo.

En los suelos agrícolas -deficientes en hongos micorrícicos- la importancia de las micorrizas es grande (TRAPPE, 1977). Las especies de *Quercus* se ven beneficiadas por la presencia de micorrizas mediante una mejora en el crecimiento (DIXON et al., 1981, 1983; BECKJORD y MCINTOSH, 1983; MARX et al., 1985; etc), efecto visible en la plantación al final del primer año en campo; sin embargo, las tasas de supervivencia caen en las plantas control y en las micorrizadas de forma similar. Según HASELWANDTER y BOWEN (1996) esto puede ser debido bien a la poca efectividad del hongo en campo o a un drenaje excesivo de fotosintetizados en la planta.

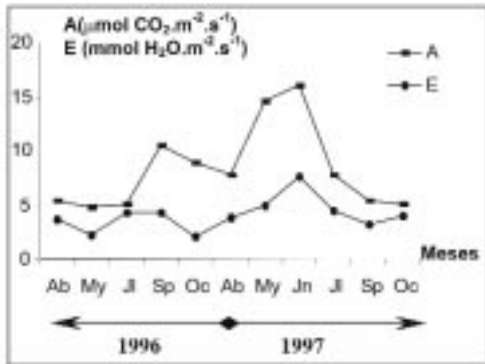


Figura 4. Evolución de la fotosíntesis (A) y la transpiración (E).

El potencial hídrico evoluciona por efecto de la variación de la temperatura y la humedad del suelo, y por la influencia de los riegos de verano. En 1996 el potencial de base no bajó de -0,6 MPa y el potencial al mediodía llegó a -2,6 MPa, valores similares a los obtenidos por ACHERAR et al. (1991) en plantas de alcornoque de dos años bien regadas; lo que manifiesta la ausencia de un estrés severo en las plantas, debido al riego de verano. Además, estos valores indican una buena disponibilidad de agua si se comparan con los obtenidos en formas arbustivas de *Quercus ilex* (DUHME y HINCKLEY, 1992). Los valores del potencial hídrico al mediodía son comunes en especies con sistemas radicales profundos y extensos, capaces de disponer de agua durante todo el año (OLIVEIRA et al., 1992).

Durante 1996 los valores máximos de los parámetros de intercambio gaseoso se corresponden con los potenciales hídricos al mediodía más negativos (en torno a -2,7 MPa), de forma que las plantas son capaces de mantener una actividad fotosintética alta, con los estomas abiertos (ABRAMS, 1990; ACHERAR et al, 1991). Esto supone una estrategia común en los *Quercus* esclerófilos (ACHERAR y RAMBAL, 1992) -junto con el área foliar y el profundo sistema radical- para amortiguar los efectos de la variabilidad en la disponibilidad de agua (RAMBAL, 1992). En 1997 los valores máximos en los parámetros no coinciden con los potenciales hídricos al mediodía más negativos, aun-

que están próximos (-2,5 MPa), lo que confirma el carácter esclerófilo de la especie. La efectividad del alcornoque para evitar la sequía es próxima a la de *Quercus ilex*, aunque en condiciones de estrés severo prima la supervivencia frente a la producción (VIGNES, 1988); por tanto no es una especie esclerófila auténtica, situándose en el límite (SALLEO y GULLO, 1990).

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMS, M.D.; 1990. Adaptations and responses to drought in *Quercus* species of North America. *Tree Physiol.* 7: 227-238.
- ACHERAR, M.; RAMBAL, S. & LEPART, J.; 1991. Évolution du potentiel hydrique foliaire et de la conductance stomatique de quatre chênes méditerranéens lors d'une période de dessèchement. *Ann. Sci. For.* 48: 561-573.
- ACHERAR, M. & RAMBAL, S.; 1992. Comparative water relations of four Mediterranean oak species. *Vegetatio* 99-100: 177-184.
- ARGILLIER, C.; FALCONNET, G. & GRUEZ, J.; 1988. Production de plants forestiers. *Guide technique du forestier méditerranéen français*. Chapitre 6. CEMAGREF. Aix-en Provence.
- ARNOTT, J.T. DUNSWORTH, B.G. & O'REILLY, C.; 1988. Effect of nursery culture on morphological and physiological development of western hemlock seedlings. In: *Proceedings Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. August 8-11, 1988.: 38-44. Vernon, British Columbia.
- BECKJORD, P.R. & MCINTOSH, M.S.; 1983. Growth and fungal retention by field-planted *Quercus rubra* seedlings inoculated with several ectomycorrhizae fungi. *Bull. Torrey Bot. Club* 110(3): 353-359
- DIXON, R.K., GARRET, H.E., COX, G.S., JOHNSON, P.S. & SANDER, I.L.; 1981. Container and nursery grown black oak seedling inoculated with *Pisolithus tinctorius*: growth and ectomycorrhizal development following outplanting on an Ozark clear-cut. *Can. J. For. Res.* 11: 492-496.

- DIXON, R.K., PALLARDY, S.G., GARRET, H.E. & COX, G.S.; 1983. Comparative water relations of container-grown and bare-root ectomycorrhizal and nonmycorrhizal *Quercus velutina* seedlings. *Can. J. Bot.* 61: 1559- 1565.
- DUHME, F. & HINCKLEY, T.M.; 1992. Daily and seasonal variation in water relations of macchia shrubs and trees in France (Montpellier) and Turkey (Antalya). *Vegetatio* 99-100: 185-198.
- HASELWANDTER, K. & BOWEN, G.D.; 1996. Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. *For. Ecol. Managem.* 81: 1-17.
- LANDIS T.D., TINUS, R.W., McDONALD, S.E. & BARNETT, J.P.; 1989. *Seedling nutrition and irrigation*. Vol. 4, *The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk.* 674. Washington D.C., U.S.D.A Forest Service. 119 p.
- MARX, D.H., HEDIN, A. & TOE, S.F.P.; 1985. Field performance of *Pinus caribaeae* var. *hondurensis* seedlings with specific ectomycorrhiza and fertilizer after three years on a savanna site in Liberia. *For. Ecol. Managem.* 13: 1-25.
- MEXAL, J.G. & LANDIS, T.D.; 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: *In: R. Rose, S.J. Campbell & T.D. Landis (eds.), Target seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*, Aug. 13-17, Roseburg, Oregon. USDA. Gen. Tech. Rep. RM- 200:17-36.
- MONTERO, G. Y CAÑELLAS, I.; 1999. *Manual de reforestación y cultivo de alcornoque (Quercus suber L.)*. MAPA. Madrid. 106 p.
- OLIVEIRA, G.; CORREIA, M.A.; MARTINS-LOUÇAO, M.A. & CATARINO, F.M.; 1992. Water relations of cork-oak (*Quercus suber* L.) under natural conditions. *Vegetatio* 99-100:199-208.
- RAMBAL, S.; 1992. *Quercus ilex* L. facing water stress: a functional equilibrium hypothesis. *Vegetatio* 99-100: 147-153.
- SALLEO, S. & LO GULLO, M.A.; 1990. Sclerophylly and plant water relations in three Mediterranean *Quercus* species. *Ann. Bot.* 65: 259-270.
- SAN MIGUEL AYANZ, A. 1994. *La dehesa española. Origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI. 96 p.
- TRAPPE, J.M.; 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytopatol.* 15: 203-222.
- VIGNES, D.; 1988. Les échanges gazeux et leur régulation chez deux espèces de Chênes à feuilles persistantes (*Quercus ilex* et *Quercus suber*). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 135, Actual. Bot. 1: 99-108.
- WEIXING, Y. & HOGAN, G.D.; 1997. Physiological and morphological responses to nitrogen limitation in jack pine seedlings: potential implications for drought tolerance. *New Forests* 14: 19-31.