

## ESTABLECIMIENTO DE *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. UTILIZANDO TUBOS INVERNADEROS VENTILADOS

Rafael M<sup>a</sup> Navarro Cerrillo<sup>1</sup>; Benito Fragero<sup>1</sup>; Carlos Ceaceros<sup>2</sup>; Antonio del Campo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Forestal, Facultad de Agronomía y Montes, Universidad de Córdoba, Avda Menéndez Pidal s/n, 14080, Córdoba, e-mail: [irlnacer@uco.es](mailto:irlnacer@uco.es); teléfono: 34-957-218657 fax: 34-957-218563.

<sup>2</sup> EGMASA, Av. Johan Guttemberg s/n. Sevilla.

<sup>3</sup> Departamento Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Camí de Vera s/n, 46022 – Valencia.

### Resumen

En este estudio se evalúa el efecto de un tubo invernadero ventilado en el establecimiento de encina (*Quercus ilex* L. *ballota* [Desf.] Samp.) en un terreno agrícola. El tubo FORTETUB obtuvo valores similares de supervivencia que el tratamiento de laboreo, muy superiores en ambos casos al control. El crecimiento en altura y diámetro, por el contrario, fue significativamente diferente en el tratamiento tubo. El microclima interior del tubo resultó más estresante que al exterior, aunque la ventilación atenuó notablemente este efecto. Los resultados parecen indicar que el uso de tubos protectores puede mejorar la supervivencia y el crecimiento de especies de frondosas en condiciones mediterráneas secas, por lo que su uso en repoblaciones puede suponer una mejora suficiente para justificar la inversión que suponen su empleo.

Palabras clave: Forestación de tierras agrarias; tubos protectores, morfología, humedad del suelo.

### Abstract

This study evaluates the survival and growth of planted Holm oak (*Quercus ilex* L. *ballota* [Desf.] Samp.) in response to tree shelter on a cropland site in southern Spain. Shelter microclimate was measured one year after establishment. Although these effects were not significantly different between weed control treatments, we found that tree shelter had a significant effect on growth and biomass. There were also significant treatment effects on root architecture. The response of tree shelters is consistent with other studies, and we believe this is due to the complex interplay of microclimate change and resource availability. Our results suggest that tree shelters merit consideration in mediterranean afforestation programs.

Keywords: Afforestation; tree shelter, plant morphology, soil moisture.

### Introducción

La actividad de repoblación forestal en terrenos agrícolas ha experimentado en los últimos años un notable crecimiento como consecuencia del programa de forestación de tierras agrarias, y ha supuesto la generalización de nuevos cuidados culturales dirigidos a mejorar la supervivencia. Entre las mejoras más extendidas se encuentran el uso de tubos invernaderos. Los tubos invernadero crean un efecto microclimático que, debido a la presencia de un volumen de aire limitado dentro del tubo, inducen un incremento de la temperatura, la humedad relativa y la concentración de anhídrido carbónico, unido a una reducción de la radiación y de la acción física (incluso temporal desaparición) del viento (Kjelgren & Rupp, 1997; Burger *et al.*, 1996; Berger &, Drupaz, 2000; Navarro *et al.*, 2001 a y b). Los resultados encontrados hasta la fecha ponen de manifiesto que, incluso en zonas cálidas y secas, el tubo protector, perforado o no, ha mejorado o ha mantenido los valores de supervivencia en especies de temperamento delicado (Drupaz, 1997; Navarro *et al.*, 2001 b), siendo menos numerosos los casos en los que los efectos de su empleo hayan sido negativos (Costelo *et al.*, 1996).

La modificación de todas estas variables microclimáticas altera también la morfología de la planta. El efecto más conocido del tubo es el incremento de la planta en altura (Potter, 1991); sólo en algunos casos, constatados en áreas mediterráneas secas, la altura no ha sido significativamente superior, atribuyéndose esta baja respuesta a la falta de humedad del suelo (Costelo *et al.*, 1996). Por otra parte, el crecimiento en diámetro se comporta, a menudo, de forma diferente al crecimiento en altura; por lo general, el tubo no afecta significativamente a este parámetro, o lo hace negativamente, debido al estímulo de crecimiento en altura (aumento de la esbeltez) y a la ausencia del movimiento de balanceo que sufre la planta sin protección (Potter, 1991; Navarro *et al.*, 2001 b; Oliet *et al.*, 2000).

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de un tubo protector ventilado en el establecimiento de encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) en un terreno agrícola.

## Material y métodos

Las parcela experimental se ha establecido en el término municipal de Córdoba (37° 51' N y 4° 48' E) a una altitud de 92 m sobre el nivel del mar. El fitoclima es IV<sub>4</sub>, Mediterráneo genuino, cálido menos seco de inviernos cálidos, con una precipitación media de 669,7 mm, con fuertes variaciones interanuales. La plantación se encuentra situada en un terreno llano con una pendiente media del 5%, sobre un suelo de tipo Xerofluvents lítico. El diseño experimental de la parcela está realizado para evaluar la respuesta de la plantación en supervivencia y crecimiento a diferentes técnicas de conservación del suelo (Navarro *et al.*, 2005), aunque en este trabajo sólo se presentan los resultados correspondientes al uso de tubos invernadero. Los tratamientos considerados en este caso son tres:

T<sub>1</sub>. **Laboreo**. Consistente en el pase de grada entre las calles de la plantación, en sentido longitudinal. Se realizó un pase el 17 de mayo de 2002.

T<sub>2</sub> **Laboreo con tubo invernadero**. El tratamiento anterior se combinó previamente con el factor tubo invernadero, para ello se colocó un tubo tipo FORTETUB ventilado de 60 cm.

T<sub>3</sub> **Control no laboreado y sin tubo**

La parcela experimental se dividió en cuatro bloques completos al azar y la unidad experimental quedó constituida por 2 líneas de 40 plantas (20 plantas para medidas de supervivencia y crecimiento, y 20 plantas para medidas destructivas). Las labores de preparación del terreno para la plantación consistieron en un laboreo completo con arado de vertedera y gradeo posterior. La plantación se realizó de forma manual, siguiendo las besanas de la labor en el mes de marzo de 2002.

### *Supervivencia y morfología de la planta.*

La evaluación de supervivencia se realizó al final del ensayo, en noviembre de 2002. La altura de la planta se midió con una regla metálica, y el diámetro con un calibre digital a 1 cm sobre el nivel del suelo. En el mes de noviembre se procedió a la extracción completa de cinco plantas por tratamiento, y a la determinación del peso seco de la fracción aérea y raíz. El sistema radical, previamente a su secado en estufa, se analizaba mediante un programa informático de análisis radical Win Rhizo V3.10b (Regent instruments inc., 1996). Se determinaron los siguientes parámetros: Longitud total del sistema radical (m) ( $L_t$ ), Diámetro medio (cm) ( $D_m$ ), Volumen total (cm<sup>3</sup>) ( $V_t$ ), Longitud total por categorías (m) ( $L_i$ ) y Dimensión fractal ( $D_f$ ).

### *Humedad del suelo y estado hídrico de la planta*

La humedad del suelo se ha medido mediante el método gravimétrico en tres ocasiones. El número de sondeos por tratamiento ha sido de cinco distribuidos en los tres bloques, y realizado mediante una barrena edafológica en la proximidad de cada planta. Una vez en el laboratorio se tomaba una cantidad definida de suelo ( $\approx 100$  g) a cuatro profundidades: 15, 30, 45 y 60 cm. y se depositaba en una bandeja de aluminio tarada en una estufa a 105°C durante 24 horas hasta peso constante. El contenido de humedad se expresa en % por diferencia de pesadas referida al peso inicial de la muestra. La medición de la humedad se efectuó en tres ocasiones, los días 20 de julio, 20 de agosto y 20 de septiembre.

El potencial hídrico del xilema se ha medido con una cámara de presión de Scholander SKPM 1400 (Skye Instruments). En cada tratamiento se ha medido el potencial hídrico del xilema al amanecer ( $\psi_{xa}$ ) y al mediodía ( $\psi_{xm}$ ) de cinco plantas. La determinación del potencial hídrico se realizó los mismos días que la determinación de la humedad del suelo.

### *Mediciones microclimáticas*

Las condiciones microclimáticas al interior y al exterior de los tubos se midieron con un conjunto de sensores de temperatura (Stow Away XTI, °C, precisión 0,1°C), humedad relativa (Stow Away RH, precisión 5%) (Onset Computer Corporation, Cape Cod, Mass.) y radiación (SP1110, W m<sup>-2</sup>). El periodo de medida fue entre Febrero 2000 y Marzo 2001 mediante un data-logger (un dato

cada 10-min). Los sensores se situaron a 20 cm de altura al interior de un protector meteorológico. Los datos se analizaron individualmente y mediante el cálculo del déficit de presión de vapor (<http://crea.uclm.es/~siar>).

#### *Tratamiento de los datos*

La normalidad se ha comprobado mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, y la homocedasticidad por el test de Levene. Los datos porcentuales, expresados en tanto por uno, se han transformado según la transformación  $\arcsen \sqrt{x}$ . Al resto de las variables se les ha aplicado la transformación  $\sqrt{x}$ . Una vez realizada la comprobación de los requisitos básicos de los datos, se ha procedido a un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas para la altura y el diámetro y de un factor para el resto de las variables normalizadas. Cuando el análisis de la varianza ha sido significativo se ha realizado el test de Tukey de comparación múltiple de las medias para un nivel de significación del 5% ( $P \leq 0,05$ ).

### **Resultados**

#### *Supervivencia y crecimiento.*

La supervivencia en los tratamientos de laboreo fue superior al 78%, valor que puede considerarse bueno para la encina en esta localización, y significativamente diferentes del control (35,6%), existiendo diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, las diferencias entre el tratamiento con laboreo (83,7%) y laboreo con tubo (78,7%) son muy similares. La altura final de los tratamientos de laboreo, con respecto al control (21,4 cm), fue claramente superior, en particular en el tratamiento con tubo (35,8 cm), siendo algo menor en la parcela con laboreo (28,4 cm). En cuanto al diámetro, se observó un ligero efecto depresor de los tubos sobre esta variable (6,27 mm), frente al control y al laboreo ( $\approx 7,7$  mm). La morfología de la raíz varió de acuerdo a los tratamientos y a las variables estudiadas (Tabla 1), aunque la mayor parte de las variables no presentaron diferencias significativas. Las variables raíces mediana ( $L_2$ ) y la fibrosidad del sistema radical, representada a través de la dimensión fractal, fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0,01$ ), entre los tratamientos control y los de laboreo con y sin tubo.

#### *Humedad del suelo y estado hídrico de la planta*

En las Figura 1 se muestran los valores de humedad del suelo durante el periodo estival para los diferentes tratamientos en las cuatro profundidades consideradas. Se observa como, en general, el contenido de humedad aumenta con la profundidad en todos los tratamientos. En las mediciones de julio y agosto el tratamiento laboreo ( $P < 0,01$ ) fueron significativamente diferentes del control y el laboreo con tubo. En el mes de septiembre, después del inicio de las precipitaciones (la precipitación acumulada durante el mes fue de 68,9 mm), se observó una recuperación de la humedad mas rápida en el control en los horizontes superficiales, situación que se invierte para los tratamientos de laboreo en profundidad, aunque las diferencias no fueron significativas a 60 cm ( $P = 0,142$ ).

El valor del potencial hídrico del xilema ha variado de acuerdo al contenido de humedad en el suelo y al grado de estrés hídrico de la planta a lo largo del periodo estival (año 2002) (Figura 1). En la primera medida (julio) el tratamiento de laboreo con tubo alcanzó los valores menores al amanecer (en valor absoluto), y por tanto el mayor contenido de agua en suelo, situación que se modifica ligeramente en la segunda medida, siendo el tratamiento control el que presentan un mayor contenido de agua. En el mes de septiembre los tratamientos se igualan como consecuencia de las precipitaciones producidas (Figura 1). En cuanto a los potenciales hídricos del xilema al medio día, en julio el  $\psi_{xm}$  alcanza los valores máximos para los tratamientos de laboreo, y laboreo con tubo, tendencia que desaparece en septiembre. No se han encontrado diferencias significativas en función de los tratamientos.

#### *Microclima al interior del tubo*

Las condiciones microclimáticas de los tubos se caracterizan por un incremento ligero de las temperaturas medias anuales al interior del tubo (0,82°C) frente al exterior, con una diferencia máxima entre el interior y el exterior de 1,76°C durante el verano (Tabla 2). Las temperaturas máximas absolutas fueron de 44,57°C dentro del tubo en el mes de agosto. Durante la primavera las

variaciones de temperaturas fueron muy reducidas, aunque los cambios diarios fueron más rápidos en los tubos, repitiéndose este patrón en otoño. Sin embargo, el déficit de presión de vapor dentro del tubo fue mayor debido al incremento de la temperatura (Tabla 2) con un valor medio superior en 0,13 kPa frente al exterior, manteniéndose las diferencias similares en todas las estaciones. En verano los valores osciló en el intervalo 0,19-3,07 kPa (interior del tubo) y 0,1-2,74 kPa (exterior) (Tabla 2). Finalmente, los valores medios de radiación total al interior de los tubos experimentación una importante reducción a lo largo de todo el periodo de medición (Figura 2), con un valor medio diario de  $9,57 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  al exterior (máxima radiación diaria  $1329.22 \text{ W m}^{-2}$ ) y  $6,71 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  al interior del tubo (máxima radiación diaria  $931.93 \text{ W m}^{-2}$ ).

### Discusión.

El éxito de las repoblaciones realizadas en terrenos agrícolas localizados en clima mediterráneo depende en gran medida de la capacidad del suelo para almacenar agua, y la fuerte competencia producida por las malezas puede reducir los recursos hídricos disponibles (Hernández *et al.* 1995). El laboreo es la técnica de conservación más frecuente en forestación de tierras agrarias (Navarro y Zaragoza, 2001) por su sencillez y economía, y supone una clara mejora en términos de supervivencia y crecimiento respecto de la no intervención. Los tubos, como tratamiento combinado con el laboreo, ha mejorado la supervivencia de la encina respecto al control, como se ha observado también en otros ensayos (Navarro *et al.*, 2001b, Benlloot *et al.*, 2002, Oliet *et al.*, 2003), aunque se apreció una ligera reducción respecto al laboreo. Esto parece indicar que la reducción de la competencia herbácea es más determinante para la supervivencia que el uso de tubos, cuestión que puede estar relacionada directamente con la mejora de la humedad edáfica. El efecto beneficioso de los tratamientos de conservación del suelo puede justificarse, por tanto, por el incremento de la disponibilidad de agua en el suelo (López y Arrue, 1997). El laboreo introduce elementos que distorsionan el comportamiento hídrico del suelo, con una disminución de la densidad aparente y, como consecuencia, un aumento de la porosidad total de la capa labrada (Kay & van den Bygaart, 2002), lo que contribuye a mejorar la capacidad de transferir agua. Sin embargo, la evaporación en suelos labrados también es más elevada, en especial en las capas superficiales (López y Arrue, 1997). En las medidas de humedad del suelo se ha observado que el suelo laboreado se seca rápidamente en los horizontes superficiales, tal y como se observó en este trabajo, tendiendo a conservar una cantidad superior de humedad en los horizontes profundos, situación que parece no se cumple cuando se incorpora el tubo, lo cual puede estar relacionado con un mayor consumo de agua por parte de la planta en estas condiciones. La cantidad total de agua a disposición de la planta depende además de la profundidad de enraizamiento y del grado de proliferación del sistema radical a diferentes niveles en el perfil del suelo. Los tratamientos que proporcionan mayor humedad en los horizontes profundos del suelo permiten a las raíces estar más turgentes, y facilitan así mayor capacidad de penetración. La arquitectura de los sistemas radicales no se ha visto significativamente alterada, por lo que posiblemente la planta ha podido alcanzar los horizontes más profundos en todos los tratamientos. La ausencia de agua disponible en verano en los horizontes más superficiales (0 a 30 cm) fuerza la plántula a extender las raíces hacia horizontes más profundos, que es la estrategia propia de las especies mediterráneas para evitar la sequía (Abril & Hanano, 1998), lo que puede favorecer un mayor estrés hídrico de la planta como parecen indicar los valores de  $\psi_x$ , lo que unido a la recuperación de la competencia de la vegetación justifica la pérdida de supervivencia en los tratamientos de control. Se observan, no obstante pequeñas diferencias entre tratamientos, en particular entre el control y el tratamiento de laboreo frente al tratamiento combinado con tubo, en los que hay una reducción de las dimensiones del sistema radical y de su fibrosidad, algo que se ha observado para otras especies (Burger *et al.*, 1996), y que podría estar relacionado con los cambios en el patrón de crecimiento de la planta al interior del tubo. Los tratamientos con tubos han tenido claro efecto positivo sobre el crecimiento en altura, como se ha observado en numerosos ensayos (Navarro *et al.*, 2001b; Oliet *et al.*, 2003), este crecimiento en altura ha ido en detrimento del crecimiento en diámetro (Navarro *et al.*, 2001b; Benlloot *et al.*, 2002, Oliet *et al.*, 2003).

Los cambios en las condiciones microclimáticas al interior de los tubos observadas en este trabajo coinciden con resultados previos (Kjelgren & Rupp, 1997; Benlloot *et al.*, 2002, Navarro *et al.*, 2001a). Sin embargo, en el caso de tubos ventilados el incremento máximo de temperatura fue mucho

menor (~1.6°C), con temperaturas máximas absolutas menores de 45°C, resultados similares a los obtenidos en otros estudios de tubos ventilados (Bergez & Dupraz, 2000; Navarro *et al.*, 2001 a). La radiación no parece ser una limitación importante para el crecimiento de las plantas al interior del tubo (~60% de la exterior) en zonas mediterráneas, aunque pueden influir en el cambio del patrón de crecimiento. En conjunto las condiciones son más estresantes al interior del tubo durante el periodo estival, pero la medición de un ciclo anual completo parece indicar que la mejora general de las condiciones de crecimiento durante el periodo invernal y otoñal (periodo vegetativo más importante en clima mediterráneo), compensa los posibles efectos negativos durante el periodo estival, en particular en el crecimiento en altura, factor muy importante para el establecimiento temprano de repoblaciones de especies del género *Quercus*.

Este estudio contribuye a conocer el efecto de las técnicas de conservación de suelo y de los tubos invernadero ventilados en el establecimiento temprano de repoblaciones de endina en terrenos agrícolas. Los efectos sobre la supervivencia y el crecimiento inicial parecen estar más influenciados por el control de la competencia herbácea que por el cambio en las condiciones microclimáticas asociadas a los tubos. El tratamiento combinado de laboreo y tubo parece ser una alternativa interesante para trabajos de forestación en estas condiciones. A pesar del escaso efecto de los tubos, incluso ligeramente negativo en algunos de los parámetros estudiados, creemos que las mejores que supone para la conservación de este tipo de plantaciones (marquillado de la planta, protección, estímulo del crecimiento apical, etc.) siguen haciendo recomendable su empleo en trabajos de forestación realizados en clima mediterráneo seco.

### Agradecimientos

El presente trabajo ha sido posible gracias al apoyo de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, y la colaboración del Centro de Investigación y Formación de la Alameda del Obispo en Córdoba.

### Bibliografía

- ABRIL, M.; HANANO, R. 1998. Ecophysiological response of three evergreen woody Mediterranean species to water stress. *Acta Oecol.* 19: 377-387.
- BELLOT, J., J. M. ORTIZ DE URBINA, A. BONET, AND J. R. SÁNCHEZ, 2002. The effect of tree shelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry*, Vol 75 (1): 89-106.
- BERGEZ, J.E. AND C. DURPAZ, 2000. Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings in treeshelters. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol 104 (3): 199-214.
- BURGER, D.W., G.W. FORISTER AND S.P.A. KIEHL, 1996. Height, caliper growth, and biomass response of 10 shade tree species to treeshelters. *J. Arboric.*, 22 (4), 161-166.
- COSTELO, L.; A. PETERS, AND G. GIUSTI, 1996. An evaluation of tree shelter effects on plant survival and growth in a Mediterranean climate. *Journal of Arboriculture*, 22 (1): 1-9.
- DUPRAZ, C. 1997. Les protections de plants à effect de serre. Deuxième partie: amélioration de leur efficacité par aération optimisée et luminosité accrue. *Rev. For. Fr.*, Vol 49 (6): 519-530.
- HERNÁNDEZ A.J., PASTOR J., PRIETO E., ESTALRICH E., REY J.M. 1995. La vegetación arbórea en un agrosistema sometido a tratamientos de reforestación y abonado con compost de residuos sólidos urbanos. *Actas Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*. Huesca. 77-81.
- KAY, B.D.; VAN DEN BYGAAT, A.J. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage research* 65: 19-27
- KJELGREN, R., AND L.A. RUPP, 1997. Establishment in treeshelters. I. Shelters reduce growth, water use, and hardiness, but not drought avoidance. *HortScience*, 32 (7): 1281-1283.
- LÓPEZ, M.V.; ARRUE, J.L. 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semiarid region of Spain. *Soil and Tillage research* 44: 35-54.
- NAVARRO, R.M.; ZARAGOZA, C. 2001. Uso de herbicidas en el mantenimiento del suelo en repoblaciones forestales. En: De Prado, R L. y Jorrián, J. (Eds.). *Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI*. Universidad de Córdoba. 197-218 pp.
- NAVARRO CERRILLO, R. M., J. OLIET, AND O. CONTRERAS, 2001 A. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: estudio microclimático. En: III Congreso Forestal Español. Junta Andalucía; S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 812-815.
- NAVARRO CERRILLO, R. M., J. OLIET, AND O. CONTRERAS, 2001 B. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía Occidental: Supervivencia y Crecimiento. En: III Congreso Forestal Español. Junta Andalucía; S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 916-922.
- NAVARRO CERRILLO; R.M; FRAGUEIRO, B; CEACEROS, C; DEL CAMPO, A; DE PRADO, R. 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. using different weed control strategies in

Southern Spain. Ecological Engineering (en prensa)

OLIET, J.; NAVARRO, R.M.; CONTRERAS, O. 2003. Utilización de tubos protectores y mejoradores en repoblaciones forestales en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

OLIET, J.; PLANELLES, R.; LÓPEZ, M.; ARTERO, F. 2000. Efecto de la fertilización en vivero y del uso de protectores durante seis años en una repoblación de *Pinus halepensis*. Cuadernos de la SECF 10: 69-78.

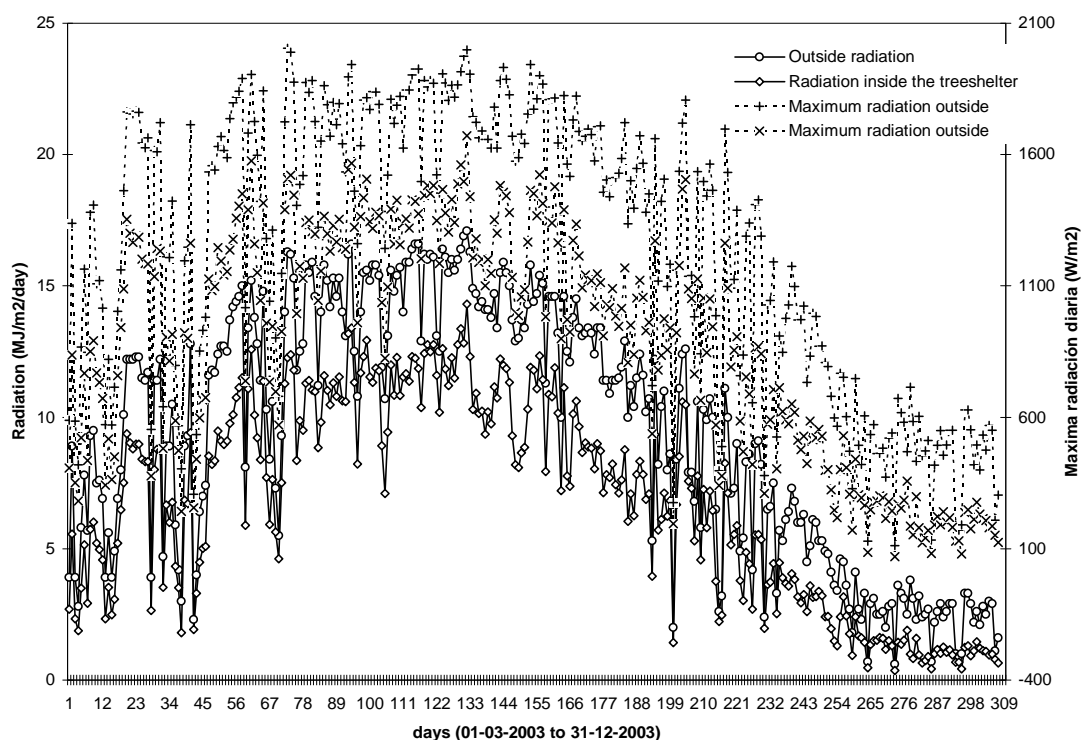
POTTER, M.J., 1991. Tree shelters. Forestry Commission Handbook 7. HOSM Publications, London.

**Tabla 1.-** Características morfológicas de la raíz para los distintos tratamientos de conservación del suelo (L=longitud total,  $D_m$ =diámetro medio;  $V_t$ =volumen total,  $L_1$ =longitud por intervalo de diámetro). Letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según el método para comparaciones múltiples de Tukey para un nivel de significación de 0.05.

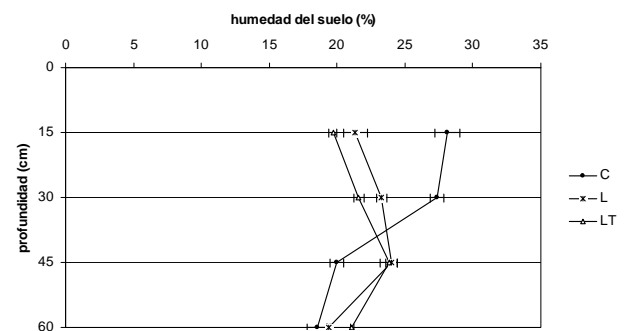
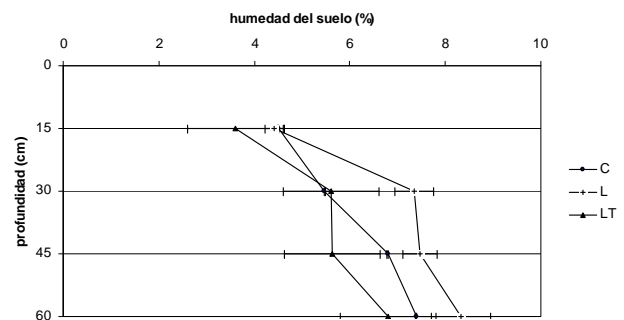
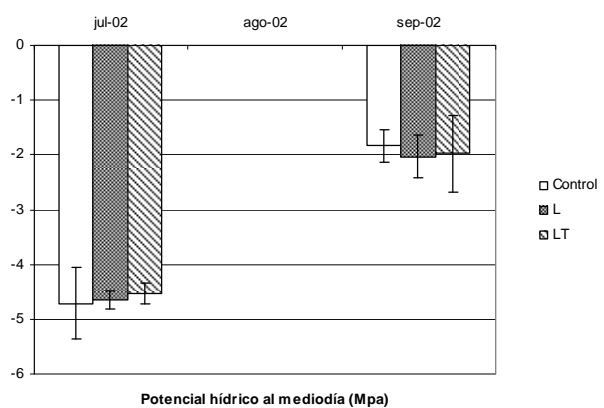
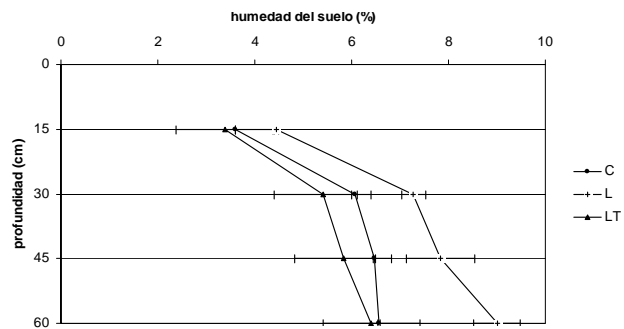
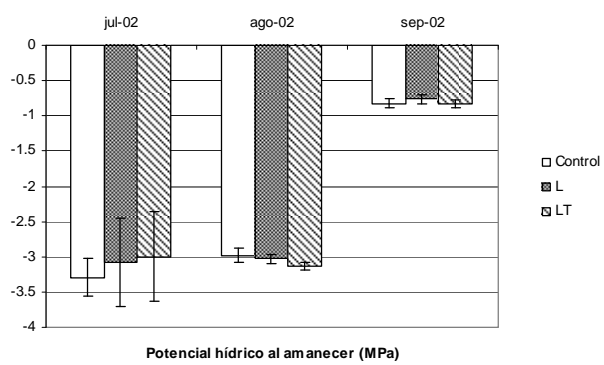
Tratamiento	$L_t$ (m)	$D_m$ (cm)	$V_t$ (dm <sup>3</sup> )	Dimensión fractal	$L_1$	$L_2$	$L_3$
					0< $\varnothing$ <2 mm	2< $\varnothing$ <4 mm	4< $\varnothing$ <6 mm
Control	4,29 a	0,11 a	41,98 a	1,63 a	4,03 a	0,21 a	0,01 a
Laboreo	4,65 a	0,10 a	40,00 a	1,68 a	4,47 a	0,13 b	0,02 a
Laboreo+tubo	4,48 a	0,11 a	40,97 a	1,57 ab	4,34 a	0,09 b	0,02 a

**Tabla 2.-** Temperatura media mensual (°C), media de las temperaturas máximas y mínimas (°C) y déficit de presión de vapor (kPa) dentro y fuera del tubo. Periodo de registro de datos entre 01-03-2002 y 31-12-2002. Medidas a 0,20 m de altura.

Mes (2002)	Temperatura media (°C)		Media de las temperaturas máximas (°C)		Media de las temperaturas mínimas (°C)		Déficit de presión de vapor diario estimado (kPa)	
	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
zo	14,49	15,51	20,51	21,89	9,38	9,49	0,36	0,44
l	15,86	16,90	22,22	23,59	10,21	10,35	0,46	0,55
l	19,41	20,46	26,82	28,29	11,93	12,12	0,92	1,05
o	25,09	26,26	32,82	34,40	17,21	17,41	1,36	1,53
o	28,05	29,28	36,89	38,65	18,61	18,96	1,84	2,07
to	26,76	27,94	34,98	36,54	18,88	19,20	1,55	1,75
iembre	22,91	24,03	29,51	31,05	17,29	17,56	0,81	0,95
bre	18,73	19,90	24,85	26,42	14,10	14,29	0,43	0,53
bre	13,87	14,93	18,89	20,20	9,20	9,25	0,28	0,35
bre	12,30	13,32	16,24	17,44	8,94	9,08	0,14	0,20



**Figure 2.-** Variación anual de la radiación diaria ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) y de la radiación máxima ( $\text{W m}^{-2}$ ) al interior del tubo y al exterior. Periodo de registro de datos entre 01-03-2002 y 31-12-2002. Medidas a 0,20 m de altura.



**Figura 1.-** Potenciales hídricos (izquierda) y humedad del suelo (%) (derecha) según la profundidad en julio en julio, agosto y septiembre. (CT=control; L=laboreo; LT=laboreo con tubo).