

**R.M.<sup>a</sup> Navarro, J. Moreno, M.Á. Parra, J.R. Guzmán**

**UTILIZACIÓN DE TUBOS INVERNADEROS, MULCH PLÁSTICO  
Y POLÍMEROS EN EL ESTABLECIMIENTO DE ENCINA Y ACEBUCHE  
EN EL SEMIÁRIDO ALMERIENSE**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **101** N.º 2 (129-144), 2005

## Utilización de tubos invernaderos, mulch plástico y polímeros en el establecimiento de encina y acebuche en el semiárido almeriense

R.M.<sup>a</sup> Navarro\*, J. Moreno\*, M.Á. Parra\*\*, J.R. Guzmán\*

\* Departamento de Ingeniería Forestal.

\*\* Departamento de Agronomía, Escuela de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Avda. Menéndez Pidal s/n, 14080, Córdoba, e-mail: irlnacer@uco.es; teléfono: 34-957-218657 fax: 34-957-218563

### Resumen

La supervivencia de las repoblaciones de frondosas en terrenos agrícolas de zonas semiáridas presente importantes limitaciones. En este estudio se evalúa el efecto de varios tipos de tubos invernaderos, mulch e hidrogel en la supervivencia y el crecimiento de encina (*Quercus ilex* L. *ballota* [Desf.] Samp.) y acebuche (*Olea europaea* L. *var. sylvestris* Brot.). El tubo SILVITUB obtuvo valores superiores de supervivencia de forma individual y combinada, aunque los resultados no fueron significativos para las dos especies y en todos los ensayos estudiados. Los resultados, aunque parecen indicar que el uso de tubos protectores puede mejorar la supervivencia y el crecimiento de especies de frondosas en condiciones semiáridas, el efecto positivo de su combinación con otros tratamientos como mulch e hidrogeles no parece muy claro, por lo que posiblemente su uso en repoblaciones puede no suponer una mejora suficiente para justificar la inversión que suponen su empleo.

**Palabras clave:** Forestación de tierras agrarias; *Quercus ilex*; *Olea europaea*; tubos protectores, mulch, hidrogeles.

### Summary

Formerly cropped sites that have been planted with hardwoods are typically associated with low tree survival and slow tree growth. This study evaluates the survival and growth of planted Holm oak (*Quercus ilex* L. *ballota* [Desf.] Samp.) and wild olive tree *Olea europaea* L. *var. sylvestris* Brot. in response to tree shelter, mulch and hydrogel treatments on a cropland site in southern Spain. The treatments were applied in a multifactorial design, and survival and relative growth rate were monitored over a 1-year period. Trees in the SILVITUB tree shelter treatments consistently had greater levels of survival than the control. Although these effects were not significantly different for both species, we found that tree shelter had a significant effect on growth. The response of trees to tree shelters, mulch and hydrogel are 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 shelter may improve early survival and growth in forest plantations although its combination with mulch and hydrogel may be inefficient in term of forest plantations.

**Key words:** Afforestation; *Quercus ilex*; *Olea europaea*; tree shelters, mulch, hydrogel.

## Introducción

La actividad de repoblación forestal en zonas semiáridas ha experimentado en los últimos años un notable avance como consecuencia de la incorporación de nuevos cuidados culturales dirigidos a mejorar la supervivencia (Pemán y Navarro, 1996). Entre las mejoras más extendidas se encuentran el uso de tubos invernaderos, mulchs e hidrogeles.

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 (Potter, 1991; Kjelgren, 1994; Blanco, 1996; Burger et al., 1997; Drupaz y Berger, 1999; Navarro et al., 2001 a). La consecuencia fisiológica inmediata de estas alteraciones es la variación de las relaciones hídricas y del intercambio gaseoso alrededor de la hoja, creando una compleja interacción entre todos estos factores; aunque parece evidente el efecto positivo sobre el crecimiento (Blanco, 1996; Drupaz y Berger, 1999). Los estudios microclimáticos realizados hasta la fecha en ámbitos mediterráneos muestran que en el tubo protector se incrementa la demanda hídrica sobre la planta (Blanco, 1996; Nicolás et al., 1997; Dupraz, 1997 a; Navarro et al., 2001 a). Estas consideraciones han llevado, desde el plano teórico, a predecir efectos negativos del empleo de los tubos protectores en nuestros montes, o a considerar que era conveniente atenuar el estrés hídrico mediante el empleo de tubos perforados. Sin embargo, 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 valo-

res de supervivencia en especies de temperamento delicado (Nicolás et al., 1997; Navarro y Martínez, 1996; Drupaz, 1997 b; Navarro et al., 1998, 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; Kjelgren et al., 1994; Ponder, 1995; Navarro et al., 1998; 2001 b; Oliet et al., 2000). Una vez la planta ha superado la altura del tubo, el balanceo del árbol, junto con la insolación directa, tiende a reducir el efecto inicial del tubo sobre la morfología de la planta (Burger et al., 1997; Navarro et al., 1998). Aunque las diferencias en altura parece que se mantienen a medio plazo en condiciones atlánticas (Potter, 1991), esto no parece ocurrir en clima mediterráneo (Oliet et al., 2000).

Los mulchs son piezas de plástico, material textil o de fibras vegetales de sección variable (cuadrada, rectangular o circular) que son colocadas alrededor de la planta para mejorar el éxito en el establecimiento. El efecto beneficioso de los mulch se debe a la mejora de las condiciones de humedad del suelo, en particular en los horizontes profundos, derivados de la reducción de la compe-

tencia por vegetación arvense, disminución de las pérdidas de agua del suelo, debido a que restringen la transpiración y la evaporación, así como una regulación de la temperatura del suelo (Haywood; 1999, 2000). En términos de supervivencia los mulchs no presentan resultados concluyentes. En determinados ensayos, ésta experimentó una mejora considerable (Gupta, 1991), mientras que en otros la supervivencia no se diferenció del testigo (Oliet et al., 1997; Haywood, 2000; Navarro et al., 2004), debido posiblemente a las condiciones climáticas que reducen considerablemente la competencia y las diferencias de humedad entre tratamientos.

Los hidrogeles son polímeros que se incorporan con el fin de mejorar la supervivencia y el crecimiento de las plantas en zonas áridas y semiáridas (Callagan et al., 1989). En los ensayos que se han realizado en repoblaciones forestales, estos polímeros hidrófilos han mostrado que mejoran la disponibilidad de agua para la planta (Kjergren et al., 1994), aunque la importancia y persistencia de este efecto no está evaluado adecuadamente (Lenvain y De Boodt, 1976; Kjergren et al., 1994; Save et al., 1995; Hüttermann et al., 1999). En climas de tendencia a la aridez se han encontrado incluso respuestas negativas de la supervivencia (Wilson et al., 1991). Ello puede explicarse por el posible desigual comportamiento del producto bajo ciertos niveles de hidratación con lluvias escasas, que provocan una disminución de la disponibili-

dad de agua para la planta por retención de la misma por parte del hidrogel. En conjunto, la respuesta a los hidrogeles, aunque aparentemente puede ser favorable, presenta una gran variabilidad según las especies y las condiciones edáficas, existiendo dudas sobre la importancia relativa de estas mejoras frente a otros aspectos de la repoblación, como son los tipos e intensidad de la preparación (Kjergren et al., 1994) o el control de la vegetación espontánea (Roth y Newton, 1996).

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto del uso de tubos protectores, mulch e hidrogel en la supervivencia y crecimiento de dos especies de frondosas mediterráneas (*Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. y *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.).

## Materiales y métodos

### Descripción de la localización del ensayo

La parcela en estudio se encuentra en el paraje conocido como "Cortijo Alcalá", el cual pertenece al Término Municipal de Velefique de la Provincia de Almería. Se sitúa en la vertiente Sur de la Sierra de los Filabres, entre las poblaciones de Senés y Velefique, con un fitoclima IV (III)<sub>1</sub>, Mediterráneo subdesértico subtropical (Allue, 1990), y precipitación media de 269,7 mm (tabla 1).

Tabla 1. Precipitación media mensual y total de la estación de Gérgal (mm). Comparación de la serie media 1951-98 con los años de estudio

Table 1. Monthly average rainfall (mm) at Gergal. Data recorded between 1951-1998

Años	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Total
1951-98	25,2	24,1	27,4	25,0	33,4	14,5	3,4	3,8	22,5	32,3	29,5	28,6	269,7
1998	10	12	13	0	24,5	0	0	0		0	2	34	95,5

La plantación se encuentra situada en una ladera con orientación sur y una pendiente media del 30%. La litología de la parcela está constituida fundamentalmente por micaesquistos grafitosos con granate y con intercalaciones de cuarcitas; en ocasiones aparecen intercalaciones de rocas carbonatadas.

Los suelos se encuadran en el orden Entisol, y encajan en la definición del suborden Orthent, y como el régimen de humedad es Xérico, pertenecen al gran grupo Xerorthent líticos (tabla 2). Los niveles de materia orgánica son deficientes en ambos horizontes. El complejo de cambio se encuentra saturado, siendo el Calcio el catión domi-

nante, a continuación el Magnesio y niveles muy bajos de Sodio y Potasio en el segundo horizonte y nulos en el primero, mostrando un pH neutro.

La vegetación dominante esta constituida por un retamar (*Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.), junto al que destacan el esparto (*Stipa tenacissima* (L.) Kunth), la bolina (*Genista umbellata* (L'Her.) subsp. *equitiformis* (Spach) Rivas Goday & Rivas Mart.) y la artemisia (*Artemisia herba-alba* Asso). Por encima de la franja semiárida, en la que se encuentra la finca, aparecen los primeros restos del encinar (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.).

Tabla 2. Resultados analíticos del perfil edáfico de la parcela  
Table 2. Soil parameters at experimental plot

Hor.	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CO <sub>3</sub> Ca (%)
Ah	0-24	72	20.6	7.4	0.24
AC	24-57	55.8	31.3	12.9	0.30

  

Hor.	%		Bases y capacidad (meq/100 g)					P.S.B.	pH	Asimilable (ppm)	
	M.O.	N	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.			Fósforo (Olsen)	Potasio
Ah	1,37	0,07	5,51	1,27	0	0	6,07	100	7,4	Nd.	Nd.
AC	0,96	0,08	7,55	2,04	0,02	0,07	8,4	100	6,8	Nd.	Nd.

#### Diseño de la experiencia

Las especies utilizadas han sido *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. (acebuche) y *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. (encina).

Dada la abundancia de productos comerciales utilizados en repoblaciones para la mejora de las condiciones de establecimiento, se seleccionó entre aquellos que se vie-

nen utilizando con asiduidad y que basan su principio de acción en supuestos que afectan en sentidos diferentes la respuesta de la planta (tabla 3).

El diseño experimental de la parcela se realizó para evaluar la respuesta de la plantación en supervivencia y crecimiento, por lo que se hizo un ensayo multifactorial que comprende a los 5 productos utilizados: para cada especie, tres niveles de tubo protector silvi-

Tabla 3. Descripción de los productos empleados en el estudio  
 Table 3. Main characteristics of treeshelters, mulch and hydrogel used in the experiments

Nombre	Forma y medida	Material	Color	Tipo
Silvitub® SI	Cilíndrico 60 cm altura 9,5 cm diám.	Polipropileno extruido	Marrón claro	No ventilado
Malla cinegética MI	Cilíndrico 60 cm altura 100 cm diám.	Malla plástica	Verde	No ventilado
Tubo marrón TM	Cilíndrico 60 cm altura 10 cm diám.	Polietileno	Negro	Ventilado
Mulch plástico MU	Cuadrado 50 x 50 cm	Plástico	Negro	

  

Nombre	Formato	Composición	Aplicación	Dosis
Terracott® TE	Granular	Polímeros hidrófilos, abonos minerales solubles y de liberación lenta y estimuladores del crecimiento	Hidratado y en mezcla con el suelo del hoyo	15 g/planta

tub (SI), malla cinegética (MI) y tubo marrón (TM) y dos mejoradores del suelo, mulch plástico (MU) e hidrogel (TE), incluido un testigo al que no se le aplicó ningún mejorador y/o protector. La parcela experimental se dividió en tres bloques completos al azar con 16 tratamientos por especie. El bloque estuvo formado por 16 líneas de 15 plantas, que se dispusieron en una fila siguiendo los surcos del subsolado a una distancia entre plantas adyacentes de 1,5 m y una separación entre líneas de 3 m aproximadamente. Como resultado, se dispuso de 240 pies de la misma especie por bloque, 720 pies en total para cada especie y 1440 plantas para todo el conjunto del ensayo.

Las labores de preparación del terreno para la plantación consistieron en un subsolado con *ripper* de un solo vástago a 60 cm con tractor oruga de 120 C.V. dejando un espa-

cio entre las líneas de subsolado de 3 m; se efectuaron dos pasadas en el mismo surco. Dicha actuación se llevó a cabo en el mes de agosto de 1997. La plantación se realizó de forma manual, siguiendo las líneas del subsolado previo. La densidad fue de 2222 pies/ha aproximadamente, en un marco de 3 x 1,5 m. La distribución de las especies y tratamientos siguió el diseño ya comentado anteriormente. Estas labores se ejecutaron durante el mes de enero de 1998. El mejorador (Terracottem) se incorporaba hidratado en el hoyo, y el mulch y los tubos protectores fueron colocados inmediatamente después al establecimiento del repoblado.

#### Mediciones

La medición de altura se llevó a cabo en el campo con regla milimetrada, mientras que

para el diámetro de los árboles se utilizó un calibre digital marca Mitutoyo ( $\pm 0,2$  mm). La supervivencia se evaluó sobre el total de plantas: 1.440 plantas. Las fechas en que tuvieron lugar estas tareas fueron del 30/03/98 al 02/04/98 y 27/10/98 al 30/10/98

Para establecer posibles influencias en el contenido de agua en el suelo de los tratamientos ensayados, se realizaron medidas de humedad del suelo en 6 fechas diferentes durante el periodo seco. Cada medida se realizó en dos árboles a 15 cm del tallo, a dos profundidades, la primera en superficie (10 cm de profundidad) y la segunda a 40 cm de profundidad, mediante la apertura de un hoyo con una barrena edafológica, el hoyo era posteriormente cerrado. Las medidas fueron rotando según las agujas de un reloj en seis sectores circulares alrededor de la planta. La medición de la humedad se efectuó cada quince días, desde el 01 de julio hasta el 15 de septiembre de 1998. En las medidas de humedad de suelo se utilizó un equipo ThetaProbe ML2x (Soil Moisture Sensor). Es un método indirecto, no destructivo, para medir el contenido de agua en el suelo ([www.delta-t.co.uk](http://www.delta-t.co.uk)).

#### Tratamiento estadístico de los datos

Con objeto de estudiar las posibles diferencias existentes entre los tratamientos puestos en práctica en el experimento se ha realizado un análisis comparativo de la supervivencia. No se consideró la aproximación paramétrica para llevar a cabo estas comparaciones entre tratamientos debido a que el número de elementos de cada repetición ( $n=15$ ) no garantiza la normalidad de los datos (Sokal y Rohlf, 1995). Por ello, la comparación entre los diversos tratamientos se hizo mediante el algoritmo no paramétrico Tabla de mortalidad y el estadístico W de Wilcoxon. Las comparaciones se establecieron tomando, para cada uno de los factores

estudiados, un grupo control que permitiera discernir su efecto. Se utilizó un nivel de significación del 5%, y para cada una de las comparaciones entre los factores estudiados se analizaron las diferencias existentes en el crecimiento relativo de las plántulas supervivientes. La humedad del suelo se analizó mediante un análisis de la varianza, cuando las diferencias han sido significativas se ha realizado un test de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significación del 0,05. El programa estadístico utilizado fue SPSS (Versión 8.0 1S, SPSS Inc.).

## Resultados

### Humedad del suelo

En la tabla 4 se muestran los valores medios de humedad volumétrica en superficie y en profundidad en cada una de las fechas.

En las medidas de humedad de suelo en superficie (10 cm), se encontraron tres grupos con diferencias significativas en la primera medición, un máximo para silvitub-hidrogel ( $0,040 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) y un mínimo para mulch ( $0,017 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ). Esta situación varía en la segunda medición donde no hay diferencias significativas. En la tercera medición, sólo hay diferencias entre el tratamiento silvitub-mulch-hidrogel ( $0,022 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) y el resto de los tratamientos; y se observa una progresiva pérdida de humedad con relación al muestreo anterior. En la cuarta medición aparecen cuatro grupos diferenciados, la mayor humedad es para silvitub-mulch-hidrogel ( $0,024 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ) y la menor para hidrogel ( $0,003 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ); continúa el descenso alcanzándose los mínimos del periodo registrado. En la quinta medición el análisis arroja diferencias entre tratamientos, con un incremento del contenido de humedad en todos los tratamientos, que va desde el valor máximo para hidrogel

Tabla 4. Valores medios de la humedad del suelo ( $m^3$  agua/ $m^3$  suelo) en superficie (10 cm de profundidad) y a 40 cm de profundidad en cada una de las fechas y tratamientos. Valores seguidos por distinta letra difieren significativamente al 5% para el Test de Tukey. N=8. (Notación ver tabla 3, CO=control)

Table 4. Average soil moisture ( $m^3$  water/ $m^3$  soil) at 10 cm depth and 40 cm depth according to type of treatment (Mean values). Different letters indicate significant differences between treatments at  $P \leq 0.05$  (ANOVA, Tukey test).

10 cm	1-07-98	15-07-98	1-08-98	15-08-98	1-09-98	15-09-98
CO	0,028ab	0,010a	0,011b	0,007bc	0,010c	0,031ab
SI	0,019b	0,010a	0,011b	0,007bc	0,010c	0,024b
TE	0,020b	0,014a	0,006b	0,003c	0,028a	0,031ab
MU	0,017b	0,011a	0,009b	0,006bc	0,020abc	0,029b
SI-TE	0,040a	0,014a	0,010b	0,011bc	0,012bc	0,031ab
SI-MU	0,016b	0,015a	0,011b	0,017 ab	0,025ab	0,045 a
MU-TE	0,019b	0,014a	0,011b	0,017 ab	0,018abc	0,030ab
SI-MU-TE	0,022b	0,019a	0,022a	0,024 a	0,014abc	0,045 a
40 cm	1-07-98	15-07-98	1-08-98	15-08-98	1-09-98	15-09-98
CO	0,052ab	0,039	0,081	0,108 a	0,027	0,053abc
SI	0,047bc	0,094	0,056	0,021b	0,040	0,040c
TE	0,046bcd	0,161	0,100	0,022b	0,087	0,045c
MU	0,038d	0,120	0,081	0,017b	0,032	0,050bc
SI-TE	0,057a	0,117	0,058	0,022b	0,029	0,051bc
SI-MU	0,047bc	0,152	0,106	0,033ab	0,044	0,066 a
MU-TE	0,041cd	0,120	0,080	0,034ab	0,023	0,049bc
SI-MU-TE	0,049abc	0,137	0,083	0,021b	0,028	0,060ab

(0,028  $m^3/m^3$ ) hasta el mínimo en el control (0,010  $m^3/m^3$ ). Finalmente en la última medida encontramos tres grupos con diferencias significativas, en el primero silvitub-mulch-hidrogel (0,045  $m^3/m^3$ ) y en el último silvitub (0,024  $m^3/m^3$ ); con un aumento respecto de la anterior medición.

Para la medida en profundidad (40 cm), en la primera medición se encontraron cuatro grupos con diferencias significativas, un máximo para silvitub-hidrogel (0,057  $m^3/m^3$ ) y un mínimo para mulch (0,038  $m^3/m^3$ ). Esta situación varía en la segunda medición donde no hay diferencias significativas y se alcanzan valores más altos de humedad, así

el hidrogel (0,161  $m^3/m^3$ ) tuvo el valor superior y el control (0,039  $m^3/m^3$ ) el inferior. Comparados con los primeros datos el ascenso es significativo, alcanzándose los máximos absolutos de los tres meses de muestreo, excepto para control, que se posiciona muy por debajo del conjunto y que es el único que no sigue un camino ascendente. En la tercera medición, en el análisis de los valores de profundidad no hay diferencias entre tratamientos; el máximo corresponde a silvitub-mulch (0,106  $m^3/m^3$ ) y el mínimo a silvitub (0,056  $m^3/m^3$ ); se observa una pérdida significativa de humedad con relación al muestreo anterior menos para control, que



presenta un comportamiento contrario al resto y asciende. Las pendientes de las rectas de descenso son similares entre los tratamientos. En la cuarta medición aparecen dos grupos diferenciados, la mayor humedad es para el control (0,108 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) y la menor para el mulch (0,017 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>); continúa el descenso alcanzándose para algunas combinaciones los valores mínimos del periodo registrado, el control vuelve a invertir la tendencia general y aumenta considerablemente situándose muy por encima del resto, que permanecen dentro de un estrecho margen. En la quinta medición el análisis no arroja diferencias entre tratamientos, el intervalo de variación va desde hidrogel (0,087 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) hasta mulch-hidrogel (0,023 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), y se aprecia una ligera recuperación de humedad menos para mulch-hidrogel y el control. Finalmente en la última medida encontramos tres grupos con diferencias significativas, en el primero silvitub-mulch

(0,066 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) y en el último silvitub (0,041 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>); con un leve aumento respecto de la 5ª medición excepto para el hidrogel que desciende y el silvitub que se mantiene.

#### Supervivencia y atributos morfológicos

##### Supervivencia

En la tabla 5 se recogen por especies los resultados del conteo de supervivencia llevado a cabo en el mes de Octubre de 1998.

El test de Wilcoxon para acebuche establece diferencias significativas entre los tratamientos de malla frente a silvitub y de tubo marrón frente a silvitub. La comparación entre el uso de hidrogel, sin otro tratamiento, no presenta diferencias significativas, al igual que el uso de malla con hidrogel versus malla sin hidrogel. Sin embargo, para los otros dos tubos sí hay diferencias significativas, tanto para el uso combinado de silvitub

Tabla 5. Supervivencia de acebuche y de encina para los tratamientos al final del ensayo  
Table 5. Survival rate of Holm oak and wild olive tree according to type of treatment (Mean values)

Tratamiento	Supervivencia	Supervivencia	Supervivencia	Supervivencia
	03-98	10-98	03-98	10-98
	Acebuche		Encina	
Testigo	88%	7,5%	100%	26,7%
Malla	97%	2,3%	88%	40,0%
Silvitub	100%	13,3%	100%	36,6%
Marrón	100%	0%	93%	14,3%
Mulch	88%	8,8%	100%	2,2%
Hidrogel	100%	0%	100%	31,1%
Malla + hidrogel	100%	0%	100%	26,7%
Silvitub + hidrogel	100%	37,8%	100%	39,5%
Marrón + hidrogel	100%	8,9%	100%	20%
Malla + mulch	100%	11,1%	100%	33,3%
Silvitub + mulch	100%	35,6%	97%	29,5%
Marrón + mulch	100%	0%	100%	9,7%
Hidrogel + mulch	100%	0%	100%	25%
Malla + hidrogel + mulch	100%	2,2%	100%	5%
Silvitub + hidrogel + mulch	100%	15,6%	100%	25%
Marrón + hidrogel + mulch	100%	20,0%	100%	25%

con hidrogel, como de tubo marrón con hidrogel, respecto a los tratamientos en los que solamente se han utilizado tubos.

En cuanto al uso del mulch, el tratamiento frente al control no presenta diferencias significativas, y lo mismo ocurre en los tratamientos combinados de malla y mulch y tubo marrón con mulch. Sin embargo, de nuevo el tratamiento de silvitub con mulch sí es significativo, así como el de tubo marrón con mulch. Los tratamientos silvitub-mulch-hidrogel y silvitub-hidrogel se sitúan en el primer grupo muy por encima del control; en situaciones intermedias y por orden decreciente encontramos silvitub y silvitub-mulch; el resto de tratamientos arroja valores de supervivencia muy bajos, dentro de la horquilla 3,2%-33,7%. Del tratamiento hidrogel no logra sobrevivir ningún árbol. Para el acebuche, al final del ensayo los tratamientos pueden ordenarse en función de la supervivencia (>10%) de la siguiente forma: Silvitub+hidrogel, Silvitub+mulch, tubo marrón+hidrogel+mulch, Silvitub, Malla+Mulch.

El test de Wilcoxon para encina no establece diferencias significativas entre los trata-

mientos de tubo, sólo es significativa la diferencia entre tubo marrón y malla.

La comparación entre el uso de hidrogel respecto al control no presenta diferencias significativas, al igual que el uso de malla con hidrogel versus malla sin hidrogel y hidrogel combinado con silvitub y tubo marrón respecto a los tratamientos sólo de los tubos.

En cuanto al uso del mulch, el tratamiento frente al control sí presenta diferencias significativas, pero es no significativa en los tratamientos combinados de malla y mulch y silvitub con mulch. Sin embargo, de nuevo el tratamiento de tubo marrón con mulch sí es significativo. Para la encina, al final del ensayo los tratamientos pueden ordenarse en función de la supervivencia (>30%) de la siguiente forma: malla, silvitub-hidrogel, silvitub, malla-mulch, hidrogel.

#### Crecimiento

En las tabla 6 y 7 se muestran los valores de altura y diámetro para ambas especies correspondientes a las dos mediciones realizadas, así como las tasas de crecimiento mensual para ambas variables.

Tabla 6.- Crecimiento de acebuche ( $H_1$ =altura inicial,  $H_2$ =altura final,  $\varnothing_1$ =diámetro inicial,  $\varnothing_2$ =diámetro final, TCRH=tasa de crecimiento mensual en altura y TCR $\varnothing$ =tasa de crecimiento mensual en diámetro)

Table 6.- Average growth rates ( $H_1$ =initial height,  $H_2$ =final height,  $\varnothing_1$ =initial diameter,  $\varnothing_2$ =final diameter and relative growth rates of height (RGRH) and basal diameter (RGR $\varnothing$ ) of wild olive tree according to type of treatment

Tratamiento	$H_1$ (cm)	$\varnothing_1$ (mm)	$H_2$ (cm)	$\varnothing_2$ (mm)	TCRH (cm mes <sup>-1</sup> )	TCR $\varnothing$ (mm mes <sup>-1</sup> )
Control	6,9	1,53	9,7	2,97	0,048	0,094
Silvitub	5,4	1,71	13,03	2,32	0,125	0,043
Mulch	5,35	1,86	9,17	2,12	0,076	0,018
Hidrogel	5,96	1,86	0	0		
Silvitub-hidrogel	6,36	1,74	20,1	3,23	0,164	0,088
Silvitub-mulch	4,69	1,77	12,9	3,13	0,144	0,081
Mulch-hidrogel	5,9	1,56	9,42	3,5	0,066	0,115
Silvitub-mulch-hidrogel	5,44	1,43	0	0		

Tabla 7. Crecimiento de encina ( $H_1$ =altura inicial,  $H_2$ =altura final,  $\varnothing_1$ =diámetro inicial,  $\varnothing_2$ =diámetro final, TCRH=tasa de crecimiento mensual en altura y TCR $\varnothing$ =tasa de crecimiento mensual en diámetro).

*Table 7. Average growth rates ( $H_1$ =initial height,  $H_2$ =final height,  $\varnothing_1$ =initial diameter,  $\varnothing_2$ =final diameter) and relative growth rates of height (RGRH) and basal diameter (RGR $\varnothing$ ) of Holm oak according to type of treatment*

Tratamiento	$H_1$ (cm)	$\varnothing_1$ (mm)	$H_2$ (cm)	$\varnothing_2$ (mm)	TCRH (cm mes <sup>-1</sup> )	TCR $\varnothing$ (mm mes <sup>-1</sup> )
Control	24,55	3,6	24,57	5,24	0,0001	0,0536
Silvitub	20,31	3,59	29,66	4,09	0,054	0,018
Mulch	24,01	3,68	17,83	5,2	-0,0425	0,0493
Hidrogel	27,14	3,57	25,16	5,41	-0,010	0,0593
Silvitub-hidrogel	28,09	3,92	36,42	6,43	0,037	0,0706
Silvitub-mulch	24,01	4,09	33,82	5,36	0,048	0,0386
Mulch-hidrogel	25,7	4,01	34	6,63	0,0399	0,0718
Silvitub-mulch-hidrogel	25,44	3,64	42,69	5,2	0,0739	0,0509

Los resultados del crecimiento entre tratamientos para ambas especies no permiten hacer comparaciones para acebuche, dando el escaso número de planta viva, y no resultan significativas para el caso de encina.

En acebuche, en la segunda medida, independientemente de la existencia de diferencias significativas, la altura máxima corresponde a silvitub-hidrogel (20,1 cm), el mínimo a mulch (9,17 cm). En cuanto al diámetro, en la segunda medición el valor superior corresponde a silvitub-hidrogel (3,23 mm) y el inferior al mulch (2,12 mm). En línea con experiencias previas los mayores diámetros se alcanzan con tratamientos que no proporcionan sombreado, y de existir éste es moderado (caso de los tubos claros). La mayor TCR en altura ha correspondido a silvitub-hidrogel (0,164 cm mes<sup>-1</sup>), y el valor inferior al control (0,048 cm mes<sup>-1</sup>). A pesar del escaso contraste, se puede detectar cierta tendencia al incremento del crecimiento en altura en las combinaciones que incorporan SI; por el contrario, el crecimiento se ralentiza en ausencia de tubo. Por últi-

mo, para la tasa de crecimiento relativo en diámetro, ha variado entre un máximo para mulch-hidrogel (0,0115 mm mes<sup>-1</sup>) y un mínimo para el mulch (0,018 mm mes<sup>-1</sup>). Una vez más y al hablar de diámetros, se observa un incremento en los tratamientos que incluyen silvitub en combinación con mulch y/o hidrogel.

En encina, el máximo valor de altura corresponde a silvitub-mulch-hidrogel (42,69 cm) y el inferior para el hidrogel (17,83 cm), el resto adopta valores intermedios entre los anteriores y por lo general superando al control (24,57 cm). Al observar la tabla 7, queda patente el efecto promotor de los tubos sobre la altura, mientras que los tratamientos sin tubo o cuando este es de malla cinagética alcanzan alturas menores, aunque en general por encima del control. Es difícil realizar consideraciones respecto a la influencia de la utilización de mulch o Terracottem, simplemente indicar que 2 de los 4 mejores tratamientos en cuanto a altura final incorporan mulch (silvitub-mulch-hidrogel), y otros dos hidrogel (silvitub-mulch-hidrogel y silvitub-hidro-

gel). Respecto al diámetro, silvitub-hidrogel (6,43 mm) se sitúan como las combinación con mayor diámetro mientras que el control, mulch y silvitub-mulch-hidrogel (5,2 mm) tienen los valores menores; el resto obtienen valores intermedios. Se observa que los tratamientos que no incorporan tubo protector muestran diámetros altos. Así mismo Silvitub (coloración clara) cuando se combina con mulch o Terracottem proporciona buenos resultados. En cuanto al mulch, no parece favorecer el incremento de diámetro por sí solo (5,2 mm), pero sí combinado con Terracottem (6,63 mm). Por otra parte, el hidrogel en solitario obtiene peores resultados que el control, pero asociado con mulch o con Silvitub se sitúa en el grupo estadístico superior (mulch-hidrogel: 6,63 mm y silvitub-hidrogel: 6,43 mm).

En altura la mayor tasa de crecimiento relativo corresponde al tratamiento silvitub-mulch-hidrogel ( $0,0739 \text{ cm mes}^{-1}$ ) y los menores al control ( $\cong 0 \text{ cm mes}^{-1}$ ). En el caso de hidrogel y mulch los crecimientos son negativos, lo que corresponde con la pérdida completa de parte aérea seguida de un rebrote posterior. La encina responde con mayores crecimientos en altura con silvitub, mientras que, cuando no recibe ningún tipo de sombreado como en el caso de no contar con tubo protector el crecimiento en altura se ve ralentizado. Por otro lado, la inclusión de mulch en las combinaciones también parece favorecer el crecimiento en altura, siempre y cuando se combine con los tubos que aportan reducción de la luminosidad (silvitub y tubo marrón). Los tratamientos que incluyen hidrogel combinado con los tubos anteriores alcanzan resultados intermedios. Los resultados de la tasa de crecimiento relativos mayores en el diámetro se han obtenido para mulch-hidrogel ( $0,0718 \text{ mm mes}^{-1}$ ) y silvitub-hidrogel ( $0,0716 \text{ mm mes}^{-1}$ ). La

influencia derivada de la utilización o no de mulch e hidrogel no se refleja con claridad, anotar simplemente que los dos tratamientos con mayor crecimiento diametral incorporan Terracottem.

## Discusión

La supervivencia obtenida en este ensayo para encina y acebuche ha sido baja, alcanzándose el 100% de marras en algunos de los tratamientos, como consecuencia de las condiciones de extrema sequía experimentadas a lo largo del año 1998, con una precipitación del 35% respecto a la media. No obstante, los valores obtenidos en otros tratamientos no difieren mucho de los valores medios obtenidos en trabajos de forestación de tierras agrarias en Almería en años con precipitaciones más próximas a los valores medios (Sánchez *et al.*, 2004). Por tanto, a pesar de la excepcionalidad del año puede considerarse que los resultados sirven para evaluar el efecto de los tratamientos ensayados y orientar en cuanto a su aplicación en futuras repoblaciones.

El efecto de los tubos sobre la supervivencia es variable, dependiendo, de la especie. El tubo silvitub, tubo invernadero no ventilado, ha mejorado la supervivencia en ambas especies, mientras que la malla cinética sólo incrementa los valores de supervivencia en encina. El tubo marrón no mejora los resultados del control en ninguna de las dos especies. La mejora de la supervivencia observada en el caso de silvitub puede estar relacionada con el cambio de las condiciones microclimáticas en el interior del tubo. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos por otros autores en condiciones semiáridas (Bellot *et al.*, 2002; Oliet *et al.*, 2003) puede suponerse que la planta ha estado sometida a un mayor estrés hídrico al interior del tubo. Esta situación es diferen-

te a la observada en otras localizaciones de mayor humedad edáfica y de mayores desarrollos vegetativos del repoblado, donde el déficit de presión de vapor es inferior en el interior del tubo (Potter, 1991; Kjelgren y Rupp, 1997; Berger y Dupraz, 2000). No obstante, hay numerosas dudas sobre la interpretación de las variaciones microclimáticas inducidas por los tubos invernadero (Druzpaz y Berger, 1999). En nuestra opinión el incremento de la supervivencia puede estar más relacionado con la reducción de la radiación (Navarro et al., 2004), la disminución de la acción del viento en el crecimiento inicial de la planta y a un fenómeno de aporte residual de agua por condensación de rocío, observado en este trabajo, así como en otras localizaciones costeras (Navarro et al., 1998).

En el caso del acebuche, las deferencias de supervivencia asociadas al uso de tubos, puede ser explicada atendiendo a la coloración oscura del tubo, que puede provocar reducciones importantes en la radiación disponible, lo que impide alcanzar valores adecuados para una buena actividad fotosintética (Burger et al., 1992; Dupraz, 1997 b). Por el contrario, la encina, especie de media sombra, tiene una mayor supervivencia cuando se utilizan los tubos más oscuros, en particular la malla. Una primera conclusión de este trabajo parece indicar que en clima semiárido, y en general localizaciones con alta radiación, es necesario adecuar el color del tubo al temperamento de la especie, pudiendo no ser recomendables su uso para especies heliófilas (Oliet et al., 2003), y emplear tubos relativamente oscuros para especies de temperamento más delicado.

El efecto de los tratamientos sobre la altura y el diámetro no es fácil de interpretar dado el escaso número de planta que ha sobrevivido. En términos generales, y sin evidencia estadística significativa, se ha corroborado

el efecto inductor del crecimiento en altura de los tubos, tanto silvitub como tubo marrón, ya observado en otros ensayos (Potter, 1991; Kjelgren, 1994; Ponder, 1995; Dupraz, 1997 b; Navarro et al. 1998; 2001 b; Oliet et al., 2003), resultando más evidente en encina que en acebuche. También se observa un efecto depresor del diámetro por acción de los tubos, en particular silvitub y el tubo marrón, también observado en otros ensayos.

Los mulchs plásticos no han mejorado la supervivencia como tratamiento individual, lo cual coincide con lo observado por otros autores (Oliet et al., 1997; Navarro et al., 2004). Estos resultados pueden estar justificados por el hecho de que el efecto beneficioso sobre las condiciones de humedad del suelo se produce cuando el suelo recibe un aporte de precipitación abundante al menos durante un periodo suficientemente largo. En caso de poca precipitaciones, y/o producidas en eventos de escasa precipitación que no permiten una adecuada recarga del suelo, el mulch, y en particular las cubiertas plásticas, pueden resultar contraproducentes al reducir el aporte de agua del suelo al actuar como una barrera a la infiltración. En el crecimiento en altura y diámetro, y sobre la planta que ha sobrevivido, si parece que hay un efecto positivo del mulch, aunque no se haya podido corroborar estadísticamente.

El hidrogel es el tratamiento que alcanza los valores más bajos en todos los tratamientos ensayados para acebuche, inferiores incluso al control cuando se utiliza individualmente. Sin embargo, en el caso de la encina el efecto parece ser positivo, tanto de forma individual como combinado con otros tratamientos. El efecto de la aplicación de polímeros sobre el uso del agua del suelo es muy controvertido, habiéndose considerado que induce un claro efecto positivo sobre la capacidad hídrica del

suelo (Al-Darby, 1996), aunque asociado al empleo de riego. La aplicación de hidrogeles ha demostrado un incremento del potencial hídrico en las plantas durante las primeras etapas del establecimiento, lo cual indica un transporte del agua almacenada desde el polímero hasta las raíces (Savé et al., 1995; Hüttermann et al., 1999). Sin embargo, este efecto parece atenuarse al avanzar el período seco, debido probablemente a un descenso de la humedad realmente disponible para la planta. Aunque los polímeros se incorporan hidratados (como en nuestro caso), cuando las precipitaciones son muy escasas (o no hay disponibilidad de riego) el potencial hídrico del suelo es muy bajo, lo que hace que la raíz y el hidrogel entren en competencia por el agua. Muchos de los ensayos con estos productos se han realizado en condiciones que permiten la rehidratación de los hidrogeles cuando el potencial hídrico del suelo descendía hasta un valor determinado de potencial. La capacidad de absorción del agua de los polímeros se ve también reducida por la concentración de iones en el suelo (Tu et al., 1985; Lamont y O'Connell, 1987) lo cual puede resultar perjudicial en suelos muy arcillosos, como es el caso de la zona de ensayo, frente a suelos arenosos (Al-Darby, 1996). Como tratamiento individual, el hidrogel no parece ser un tratamiento alternativo al uso de tubos, en particular para acebuche, pero también para encina a pesar del ligero incremento de supervivencia observado.

Los tratamientos combinados corroboran los resultados obtenidos en los tratamientos individuales. En el caso del acebuche el efecto beneficioso del silvitub se ve incrementado cuando se combina con hidrogel y mulch. Es posible pensar en una mejora de las condiciones de humedad relacionadas con los fenómenos de condensación y almacenamiento de agua en el suelo, lo

cual parece indicar, aunque de forma no categórica, los resultados de humedad registrados en el suelo (tabla 4), ya que durante el mes de agosto son estos los tratamientos que mantienen valores superiores de humedad en el suelo. En el caso de la encina este efecto no es tan evidente, y no aparece un incremento importante de la supervivencia en ninguno de los tratamientos combinados, en particular si comparamos los resultados obtenidos sólo con el silvitub y en combinación con hidrogel y mulch. Posiblemente, en este caso, fue más determinante en el proceso de arraigo el efecto de reducción de la radiación, dado el temperamento de la especie, frente a las mejoras introducidas por los otros tratamientos. Las tasas de crecimiento en altura y diámetro presentan también diferencias entre tratamientos, aunque no se haya podido corroborar estadísticamente. Los tratamientos combinados con tubos han mantenido el efecto positivo sobre el crecimiento en altura, al igual que ha ocurrido en otros ensayos (Navarro et al., 2004), y a reducir el crecimiento en diámetro (Navarro et al., 2004), aunque este efecto ha sido atenuado cuando se ha combinado el tubo con mulch e hidrogel, donde parece que se favorecen el crecimiento en diámetro en detrimento del crecimiento en altura a pesar de incorporar un tubo.

En ambientes semiáridos los tratamientos dirigidos a mejorar la supervivencia en repoblaciones forestales no parecen haber obtenido los resultados esperados. Los tubos invernaderos, y en particular aquellos de materiales y diseños más adecuados de acuerdo al temperamento de la especie, sí parecen poder mejorar la supervivencia, incluso en años muy desfavorables, efecto menos evidente con mallas cinegéticas (fuera del efecto de protección frente al pastoreo) y en tubos oscuros. El mulch plástico y los hidrogeles tienen aparentemente

un efecto negativo o escaso sobre la supervivencia, al menos en años y localizaciones especialmente secos, aunque este aspecto necesita ser estudiado con un mayor apoyo instrumental para comprobar la causa real de la pérdida de supervivencia. Únicamente las combinaciones basadas en el tubo Silvitub: silvitub, silvitub-mulch-hidrogel, silvitub-hidrogel, silvitub-mulch obtienen valores de supervivencia aceptables. A pesar de estos resultados, y dado el coste y la dificultad operativa del uso de mulchs e hidrogel no parece muy recomendable en repoblaciones en zonas semiáridas, donde posiblemente su efecto esta fuertemente condicionado por la irregularidad climática y las condiciones edáficas.

### Bibliografía

- Al-Darby AM, 1996. The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. *Soil Technol.* 9: 15-28.
- Allué Andrade JL, 1990. Atlas fitoclimático de España. M.A.P.A.-I.N.I.A., Madrid.
- Bellot J, Ortiz de Urbina JM, Bonet A, Sánchez J.R., 2002. The effect of tree shelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry*, vol 75 (1): 89-106.
- Berger JE, Dupraz C, 2000. Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings in treeshelters. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 104 (3): 199-214.
- Blanco A, 1996. Estudios microclimáticos de los tubos protectores empleados en repoblación forestal. III Congreso Nacional de Medio Ambiente. Comunicaciones técnicas. Vol. 2.
- Burger D, Svihra P, Harris R, 1992. Treeshelters use in producing container grown trees. *HortScience* 27: 30-32.
- Burger D, Foister G, Gross R, 1997. Short and long-term effects of treeshelters on the root and stem growth of ornamental trees. *Journal of Arboriculture* 23 (2): 49-56.
- Callagan T, Lindley D, Ali O, Nour A, Bacon P, 1989. The effect of water-absorbing synthetic polymers on the stomatal conductance, growth and survival of transplanted *Eucalyptus microtheca* seedling in the Sudan. *J. Applied Ecol.* 26: 663-672.
- Costelo L, Peters A, Giusti G, 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, 1997a. Les protections de plants à effect de serre. Première partie: ce qu'en present les arbres. *Rev. For. Fr.* Vol 49 (5): 417-432.
- Dupraz C, 1997b. 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.
- Durpez C, Bergez JE, 1999. Carbon dioxide limitations of the photosynthesis of *Prunus avium* L. seedlings inside an unventilated treeshelters. *Forest Ecology and Management* 119: 89-97
- Gupta GN, 1991. Effects of mulching and fertilizer application on initial development of some tree species. *For. Ecol. Manage.* 44: 211-221.
- Haywood JD, 1999. Durability of selected mulches, their ability to control weeds, and influence growth of loblolly pine seedlings. *New Forests*, 18: 263-277.
- Haywood JD, 2000. Mulch and hexazinone herbicide shorten the time longlife pine seedlings are in the grass stage and increase height growth. *New Forests*, 19: 279-290.
- Huttermann A, Zommodi M, Reise K, 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil & Tillage Research* 50: 295-304.
- Kjelgren R, 1994. Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. *HortScience* 29(7): 777-780.

- Kjelgren R, Cleveland B, Fouth M, 1994. Establishment of white oak seedling with three post-plan handling methods on deep-tilled minesoil during reclamation. *J. Environ. Hort.* 12(2): 100-103.
- Kjelgren R, Rupp L, 1997. Establishment in treeshelters I: shelters reduce growth, water use, and hardiness, but not drought avoidance. *HortScience* 32(7): 1281-1283.
- Lamont G, O'Connell M, 1987. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. *Scientia Hort.* 13: 141-149.
- Lenvain J, de Boodt MF, 1976. An effective way in fighting soil erosion: promoting growth of young trees through plant pit treatment with soil conditioners. *Med. Fac. Landbouw, Rijksuniversiv, Ghent* 41 (1): 141-157.
- Navarro RM, Fragero B, Ceaceros C, del Campo A, 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. *Journal of ecological engineering (en evaluación)*.
- Navarro RM, Oliet J, Contreras O, 2001a. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: estudio microclimático. III Congreso Forestal Nacional, Granada. Tomo III: 839-845.
- Navarro RM, Oliet J, Contreras O, 2001b. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: supervivencia y crecimiento. III Congreso Forestal Nacional, Granada. Tomo III: 916-922.
- Navarro RM, Martínez A, 1996. Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. *Cuadernos de la S.E.C.F.* 4: 43-57.
- Navarro RM, Guzmán R, Martínez A, 1998. Informe sobre supervivencia y crecimiento de encina (*Quercus ilex*) y alcornoque (*Quercus suber*) utilizando seis tipos de tubos invernadero. *Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla*.
- Nicolás JL, Domínguez Lerena S, Herrero N, Villar P, 1997. Plantación y siembra de *Quercus ilex* L.: efectos de la preparación del terreno y de la utilización de protectores en la supervivencia de las plantas. *Actas II Congreso Forestal Español. Mesa 3: 449-454*.
- Oliet J, Planelles R, López M, Artero F, González M., 1997. Influencia de los sistemas de protección en la humedad del suelo y en la respuesta en plantación de pino carrasco en el semiárido almeriense. II Congreso Forestal Nacional, Tomo III: 467-472.
- 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.
- Oliet J, Navarro RM, Contreras, O, 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. *Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla*.
- Pemán J, Navarro RM, 1996. *Repoblaciones Forestales. Universidad de Lleida-Universidad de Córdoba*.
- Ponder F, 1995. Shoot and root growth on northern red oak planted in forest openings and protected by treeshelters. *N.J.A.F.* 12 (1): 36-42.
- Potter MJ, 1991. *Treeshelters. Forestry Commission Handbook n° 7. M.S.O. London*.
- Roth B, Newton M, 1996. Survival and growth of Douglas-fir relating to weeding, fertilization and seed source. *Western J. of Applied Forestry* 11(2): 62-69.
- Sánchez J, Ortega R, Mervás M, Padilla FM, Pignaire F.I., 2004. El microrriego, una técnica de restauración de la cubierta vegetal para ambientes semiáridos. *Cuadernos de la SECF*, 17: 109-112.
- Save R, Pery M, Marfa O, Serrano L, 1995. The effect of a hydrophobic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5 (2): 141-143.
- Sokal RR, Rohlf FJ, 1995. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.* 3rd ed. Freeman and Co., New York, 887 p.
- Tu Z, Armitage A, Vines H, 1985. Influence of an antitranspirant and a hydrogel on net photos-



ynthesis and water loss of *Cineraria* during water stress. *HortScience* 20: 386-388.

Wilson J, Munro RC, Ingleby K, Mason PA, Jefwa J, Muthoka PN, Dick J, Leakey R, 1991. Tree establishment in semiarid lands of Kenya. Role of

mycorrhizal inoculation and water-retaining polymer. *Forest Ecology and Management* 45: 153-163.

(Aceptado para publicación el 20 de febrero de 2005).