

# EVOLUCIÓN DE UNA FORESTACIÓN CON ENCINAS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS POST-PLANTACIÓN

M<sup>a</sup> Noelia Jiménez Morales<sup>1</sup>, Emilia Fernández-Ondoño<sup>2</sup>, Francisco Bruno Navarro Reyes<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Ángeles Ripoll Morales<sup>1</sup> y Eduardo Gallego Teruel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Sistemas y Recursos Forestales. Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA Centro Camino de Purchil (CAP, Junta de Andalucía). Camino de Purchil s/n. Apto. 2027. 18080-GRANADA (España). Correo electrónico: noelia.jimenez.ext@juntadeandalucia.es

<sup>2</sup> Dpto. Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Campus Fuentenueva s/n. 18071-GRANADA (España)

## Resumen

Se evalúa la influencia de diferentes tratamientos post-plantación en el desarrollo de una forestación con encinas en tierras agrícolas abandonadas en un ambiente semiárido. Se llevaron a cabo 10 tratamientos durante los años 2001, 2002 y 2003: binas en primavera y otoño, aplicación de mulch orgánico e inorgánicos (residuos forestales, piedras grandes en la banqueta de plantación y residuos sólidos urbanos compostados), riegos en diferentes períodos y años (riego de prolongación del período vegetativo, riego en el período de máximo estrés hídrico, riego para acortar el período de sequía y riego estival periódico) y control. Se realizaron medidas de supervivencia y superficie foliar en los meses de Julio y Octubre desde el 2001 hasta el 2005. La mayor supervivencia apareció en el riego estival periódico, mientras que los peores resultados se obtuvieron en el tratamiento con residuos sólidos urbanos. La superficie foliar fue aumentando con el tiempo aunque hubo algún período en el que se estabilizó o disminuyó, dependiendo de diversos eventos climáticos y del tratamiento. Todos los nutrientes medidos en hojas decrecieron en el muestreo de enero de 2005 respecto al muestreo de 2004, excepto el N, Cu y Zn. La utilización de la concentración de nutrientes en hojas junto con el incremento de la superficie foliar se propone como un método no destructivo, que permite conocer el desarrollo y estado de una forestación en los primeros estadios de crecimiento. Los tratamientos que evitan las pérdidas de agua por evaporación, como la aplicación de residuos forestales, y especialmente la colocación de piedras grandes en la banqueta de plantación, resultaron ser los más eficaces en el desarrollo de las plantas.

Palabras clave: *Nutrientes, Semiárido, Superficie foliar, Quercus ilex subsp. ballota, Tratamientos culturales*

## INTRODUCCIÓN

La aplicación de los programas de reforestación de tierras agrarias promovidos por la Política Agraria Comunitaria cuyos objetivos fundamentales son la eliminación de excedentes agrarios y

luchar contra los procesos de erosión y desertificación, ha provocado la reconversión en la Unión Europea de miles de hectáreas de terrenos marginales y cultivos agrícolas en superficie forestal. Concretamente, en Andalucía han sido forestadas unas 140.000 ha durante el programa 1993-1999 y

en la mayoría de estas forestaciones las especies más utilizadas han sido la encina y el alcornoque (Orden de 11 de febrero de 2005, *Boja* núm. 41).

Sin embargo, en zonas secas y semiáridas, estas plantaciones con encina se caracterizan por una baja supervivencia y un lento crecimiento, a pesar de haberse realizado en su área de distribución natural, lo que parece ser debido a la vulnerabilidad de esta especie frente a factores ambientales, especialmente durante el período de sequía del primer verano post-plantación (GÓMEZ Y ELENA, 1997; VILLAR-SALVADOR et al., 2004).

Los factores que condicionan la supervivencia y el desarrollo de las plántulas de encina pueden ser muy variados: suelos pobres en nutrientes, especialmente en N y P, presión de los herbívoros, competencia con vegetación herbácea, exceso de radiación, altas temperaturas estivales, escasa disponibilidad de agua, etc. (REY BENAYAS, 1998; RETANA et al., 1999; JIMÉNEZ et al., 2004).

Los cuidados culturales o post-plantación son uno de los factores que pueden favorecer el arraigo y establecimiento de las plántulas (GIL Y PARDOS, 1997). Se incluyen entre estos trabajos la eliminación de herbáceas, clareos, claras, e incluso las cortas de mejora, así como podas, las operaciones sobre el suelo, riegos, etc. En los primeros años tras la plantación, suele ser necesario ayudar a mejorar las condiciones hídricas de las plantas reduciendo las pérdidas de agua en el suelo mediante un laboreo o bina (PEMÁN Y NAVARRO, 1998). La realización de binas reduce el riesgo de competencia hídrica del herbazal con la repoblación y el peligro de incendios, así como la evaporación del agua del suelo (SERRADA, 2000). Otros autores recomiendan realizar cuidados culturales encaminados a proteger y favorecer el desarrollo de las plantas, empleando procedimientos mecánicos o algún tipo de cobertura, así como riegos de establecimiento (NAVARRO et al., 2004; REY-BENAYAS & CAMACHO, 2004). Con la utilización de coberturas se consigue cubrir el suelo y mantener una humedad persistente. Los riegos de establecimiento y de mantenimiento ayudan a la plantación en sus primeros años, hasta que la raíz de la planta se haya desarrollado lo suficiente para que ésta pueda sobrevivir de forma independiente (NAVARRO Y MARTÍNEZ, 1996).

El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia de diferentes tratamientos post-plan-

tación en la evolución y desarrollo de una forestación de encinas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en la finca el "Altiplano del Conejo" (depresión de Guadix-Baza, Granada), en el SE de la península Ibérica. Las coordenadas son 37° 26' N y 3° 5' W, a 1000 m sobre el nivel del mar. Se trata de una zona agrícola abandonada desde 1993, de bioclima xérico-oceánico, termotipo mesomediterráneo y ombrotipo semiárido (RIVAS-MARTÍNEZ Y LOIDI, 1999), de topografía llana y homogénea, y precipitación media anual de 304 mm. El suelo es muy homogéneo en toda la superficie de ensayo. Se trata de un calcisol pétrico (FAO-ISRIC, 1998) en el que las mayores limitaciones que se pueden considerar son la escasa profundidad debido a que una costra caliza se sitúa entre los 35 y 40 cm de profundidad, y al alto contenido en CaCO<sub>3</sub>.

Se realizaron 10 tratamientos post-plantación (9 + control) en un diseño completamente aleatorizado. Cada tratamiento fue aplicado a 60 encinas (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) que fueron plantadas con marco regular (5x5 m), en febrero de 2001. En total se plantaron 600 encinas a monitorizar en una superficie de 15.000 m<sup>2</sup>. Las plantas fueron seleccionadas al azar a partir de un lote de encinas procedentes de un vivero comercial. Estas plantas fueron cultivadas en contenedor de 350 cm<sup>3</sup> (Arnabat) con sistema antiespiralizante durante un año. Las plantas se protegieron frente a herbívoros con un protector de malla de alambre. El procedimiento de preparación del suelo consistió en un ahoyado con retroexcavadora de 80 H.P., con cucharón de 50x80 cm. Los tratamientos post-plantación que se realizaron a nivel de banqueta (1x1m) fueron: TC: control.

T1: binas en primavera y otoño de 2001.

T2: binas en primavera y otoño durante 2001, 2002 y 2003.

T3: colocación de cobertura orgánica formada por residuos forestales procedentes de astillado de restos de podas de pinos.

T4: colocación de 3 piedras grandes (aproximadamente 30 cm de diámetro) sobre la banqueta de plantación alrededor de la plántula.

T5: riego de prolongación del período vegetativo (2ª quincena de junio).

T6: riego en el período de máximo estrés hídrico (2ª quincena de julio).

T7: riego para acortar el período de sequía (1ª quincena de septiembre).

T8: riego periódico durante el período de sequía (cada 15 días desde la 2ª quincena de junio a la 1ª quincena de septiembre).

T9: colocación de cobertura orgánica formada por residuos sólidos urbanos compostados. El compost usado se obtuvo en condiciones aeróbicas. Cada riego consistió en añadir manualmente con un bidón calibrado, 50 litros de agua por planta; los riegos se realizaron durante los años 2001, 2002 y 2003.

Todos estos tratamientos son comúnmente usados en forestaciones de tierras agrícolas en ambientes mediterráneos para favorecer la supervivencia y desarrollo de las plántulas. Se ha comprobado que estos tratamientos previenen el crecimiento de vegetación herbácea, reducen las pérdidas de agua del suelo y regulan la temperatura del suelo (GLAUB & GOULEKE, 1989; RAMOS, 1981; PEMÁN Y NAVARRO, 1998; SERRADA, 2000; NAVARRO et al., 2004).

Durante el período de estudio, se hizo un seguimiento del clima a través de la estación meteorológica marca THIES modelo DL-15, localizada en el área de ensayo. Se registraron datos de temperatura y precipitación cada 30 minutos. Para la determinación de los datos históricos de precipitación media, temperatura media, temperatura máxima y mínima relativas se ha utilizado esta estación meteorológica que recoge datos desde hace 13 años. Aunque esta serie histórica es corta, hemos decidido escoger estos datos sacrificando la representatividad de esta media a favor de una mayor representatividad de la estación (GANDULLO, 2000).

El seguimiento de la supervivencia se realizó en julio y octubre desde 2001 al 2005. Al final del período de estudio (Octubre 2005) se realizó un análisis de supervivencia mediante el método del producto de Kaplan Meier, y el test de Logrank (estadístico Chi-cuadrado) para comparar cada tratamiento con el control.

Las medidas de superficie foliar (cm<sup>2</sup>) se realizaron en Julio de 2001 y 2002, y en Octubre de 2003, 2004 y 2005. Fueron calculadas con un

estimador no destructivo de área foliar basado en los mismos principios usados en la teledetección (CASADESÚS et al., 2000). El aparato utilizado para estimar el área foliar es un tubo cerrado en el que se intenta optimizar y controlar la distribución de la luz mediante el uso de la lámpara interna, así como paredes reflectantes y fondo negro. La reflectancia para cada planta fue calculada aplicando el cociente entre la radiación obtenida con la planta en el interior del tubo, y la radiación previamente obtenida en el tubo sin planta. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) se calculó a partir de la radiación reflectante como  $NDVI = (R770 - R680) / (R770 + R680)$ , donde R770 y R680 son las reflectancias a 770 y 680 nm. Previamente en el laboratorio se asumió una relación entre el NDVI y el área foliar para *Q. ilex* subsp. *ballota*, estimando la SF a través de la ecuación:

$$SF = 315.064 + (168.548 * NDVI), r = 0.99, p < 0.001 (n = 25).$$

En enero de 2004 y 2005 se recogieron muestras de hojas para analizar el contenido en N, Na, K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1986). Cada muestra estaba compuesta de hojas de todas las plantas (4 hojas/planta) de un mismo tratamiento. Debido a la escasa cantidad de hojas que presentaban no pudo hacerse un análisis por individuo.

La concentración total de nutrientes en hojas (NTP) para cada tratamiento se calculó multiplicando la concentración medida en peso seco por la media de la superficie foliar:

$$NTP = \text{Nutrientes hoja}_{\text{wght}} \times SF_{n-1}$$

La eficacia (E) de los nutrientes almacenados hasta el mes de enero en el desarrollo posterior de las plantas se estableció mediante la siguiente ecuación:

$$E = \text{Nutrientes hoja}_{\text{wght}} \times (SF - SF_{n-1})$$

donde SF es la superficie foliar medida en octubre del mismo año y SF<sub>n-1</sub> es la superficie foliar en octubre del año anterior.

## RESULTADOS

La precipitación histórica en la zona de estudio es de 116,5 mm. La temperatura media es 13,3°C, la temperatura máxima relativa 20,7°C y

la temperatura mínima relativa 5,1°C. Desde que se realizó la plantación en febrero de 2001, se produjo un período de elevadas precipitaciones comprendido entre octubre de 2003 y enero de 2004, en el que se registraron 156,9 mm, un 34% más de lo esperado para la precipitación histórica de este mismo período, y períodos de escasas precipitaciones como el comprendido entre octubre de 2004 y enero de 2005, en el que se registraron 33,1 mm (un 71% menos de lo esperado). Las temperaturas máximas y mínimas también fueron muy variables y extremas, registrándose una temperatura mínima absoluta de -19,3°C en enero de 2005, y una temperatura máxima absoluta de 39,1°C en julio del mismo año. Es de destacar que el período seco (Oct 2004-Ene 2005) coincidió con el más frío.

Al final del período de estudio, el mayor porcentaje de supervivencia se observó en el T8, mientras que el T9 mostró el valor más bajo. Excepto TC y T9, el resto de tratamientos presentaron supervivencias superiores al 80%. En general, todos los tratamientos con riego, fueron los que presentaron mayor supervivencia. El Test de Logrank aplicado a los datos de supervivencia mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos post-plantación y el tratamiento control ( $\chi^2$  (T1) = 7,63;  $p=0,005$ ;  $\chi^2$  (T2) = 6,30;  $p=0,012$ ;  $\chi^2$  (T3) = 6,67;  $p=0,009$ ;  $\chi^2$  (T4) = 3,93;  $p=0,047$ ;  $\chi^2$  (T5) = 9,02;  $p=0,002$ ;  $\chi^2$  (T6) = 9,60;  $p=0,001$ ;  $\chi^2$  (T7) = 5,26;  $p=0,021$ ;  $\chi^2$  (T8) = 19,5;  $p=0,000$ ;  $\chi^2$  (T9) = 42,2;  $p=0,000$ ).

Para la superficie foliar aparecieron diferencias significativas respecto a los factores “período de muestreo” y “tratamiento”. A partir de

octubre de 2004, todos los tratamientos presentaron un aumento significativo en superficie foliar respecto a los anteriores períodos de muestreo, excepto los tratamiento T6 y T9. Entre octubre de 2004 y octubre de 2005, el único tratamiento que aumentó significativamente su superficie foliar fue el T4; el resto de tratamientos no mostraron diferencias significativas entre estos dos períodos de muestreo, e incluso algunos tratamientos (T5 y T9) disminuyeron su valor. Al final del período de estudio (octubre 2005) los tratamientos que mostraron mayor superficie foliar fueron T8, T4 y T3, cuyos valores fueron 356,1; 351,2 y 347,2 cm<sup>2</sup> respectivamente; el valor más bajo (272,2 cm<sup>2</sup>) se encontró en el tratamiento 9. La eliminación de los riegos estivales en 2004 y las desfavorables condiciones climáticas acontecidas durante el invierno de 2005, provocaron la defoliación de las plantas en algunos tratamientos, dando lugar a disminuciones en la superficie foliar en la medida de octubre de 2005, destacando el T9 que presentó la mayor defoliación. Los tratamientos menos afectados fueron el T3, T4 y T8.

Los tratamientos con concentraciones máximas y mínimas en P, N, K, Ca, Mg, Cu y Zn, variaron notablemente en los dos años de muestreo, destacando los cambios observados en los tratamientos 3, 4, 7 y 9, lo que no nos permitió obtener conclusiones sobre la viabilidad de los tratamientos. Aparecieron diferencias significativas para todos los nutrientes excepto para el K, Mg y Mn respecto al factor “año de muestreo”. Todos los nutrientes decrecieron en el muestreo de enero de 2005 respecto al muestreo de 2004 excepto el N, Cu y Zn (Tabla 1).

Año	N*	Macronutrientes (mg.g <sup>-1</sup> peso seco)			
		P	K	Ca	Mg*
<b>2004</b>	24,10±0,44a	4,28±0,20a	1,82±0,08a	15,3±0,54a	2,4±0,19a
<b>2005</b>	30,70±2,90b	2,90±0,13b	1,55±0,12a	8,27±0,61b	2,1±0,04a
<i>P</i>	0,004	0,000	0,09	0,000	0,39
Micronutrientes (µg.g <sup>-1</sup> peso seco)					
	Na	Mn	Cu*	Fe	Zn
<b>2004</b>	352,4±16a	26,4±1,70a	5,6±0,30a	515,8±55,3a	24,4±39,5a
<b>2005</b>	154,0±17b	25,1±1,17a	12,3±0,13b	324,6±22,3b	33,4±38,5b
<i>P</i>	0,000	0,54	0,000	0,001	0,04

**Tabla 1.** Valores medios ± ES de cada uno de los nutrientes estudiados en el análisis de hojas, en los dos períodos de muestreo. Letras distintas indican diferencias significativas entre períodos de muestreo ( $P < 0,05$ )

Similares resultados se observaron al utilizar la NTP.

Sin embargo, la eficacia sí aportó resultados que discriminaban entre tratamientos. Durante el año 2004, los tratamientos más efectivos en el aprovechamiento de los nutrientes asimilados fueron el 8, 4 y 3. El menos eficaz fue el T9 para todos los elementos, excepto para Na y Cu, que fue el TC (Tabla 2). Durante el año 2005 el tratamiento más efectivo en el aprovechamiento de los nutrientes fue el 4 para todos los elementos, seguido del tratamiento 7 y 3. El menos eficaz fue el tratamiento 9 seguido del 5 y el 2.

## DISCUSIÓN

Los resultados de supervivencia en el tratamiento control son muy similares a los encontrados por otros autores bajo diferentes condiciones climáticas y varios tamaños de

planta (BOCIO *et al.*, 2001; CORTINA *et al.*, 2004), pero los tratamientos post-plantación originaron tasas de supervivencia mayores.

Los resultados obtenidos en los tratamientos sin riego, parecen indicar que la concentración de nutrientes en hoja de encina está muy relacionada con la precipitación del período previo a la recogida de la muestra (octubre-enero). La cantidad de agua registrada en el período octubre 2003 a enero 2004 fue notablemente mayor que en el mismo período del año posterior. Además, hay que tener en cuenta que los tratamientos 5, 6, 7 y 8 recibieron uno o varios riegos estivales en el verano del 2003, que no se aplicaron en el verano de 2004 ni en 2005. Esto, junto con las condiciones climáticas extremas del otoño-invierno de 2004-2005, pueden explicar la menor concentración de nutrientes determinados en estos tratamientos en enero del año 2005.

En el muestreo de 2004, la mayor eficacia en la utilización de nutrientes apareció en el trata-

Eficacia 2004										
Tratamiento	Macronutrientes					Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Cu	Fe	Zn
TC	254,76	12,87	18,12	155,76	24,20	3,133	0,265	0,041	6,069	0,185
T1	470,63	16,53	29,20	273,32	66,12	6,094	0,512	0,103	8,892	0,256
T2	384,71	15,47	30,14	266,56	45,73	6,908	0,620	0,102	15,695	0,222
T3	445,20	16,00	40,97	291,10	71,40	8,225	0,510	0,106	7,016	0,830
T4	542,43	18,27	39,06	382,20	44,31	8,538	0,652	0,115	7,771	0,721
T5	358,68	13,72	25,49	209,93	33,32	4,539	0,430	0,074	8,124	0,655
T6	308,64	11,28	20,23	175,80	25,32	3,836	0,296	0,062	7,716	0,311
T7	402,84	14,94	29,94	245,79	33,66	5,295	0,372	0,093	7,844	0,418
T8	805,53	33,66	82,36	470,25	59,73	11,514	0,583	0,221	16,338	0,565
T9	193,84	7,20	13,93	149,04	20,00	3,262	0,208	0,059	2,723	0,096
Eficacia 2005										
Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	Cu	Fe	Zn
	TC	-83,00	-1,80	-6,32	-41,84	-8,88	-0,420	-0,120	-0,049	-1,161
T1	-51,20	-1,34	-2,10	-17,74	-4,58	-0,171	-0,048	-0,024	-0,573	-0,055
T2	-178,71	-4,55	-7,84	-77,63	-15,40	-0,861	-0,190	-0,080	-3,454	-0,229
T3	117,56	2,72	7,64	30,52	7,40	0,455	0,096	0,051	1,114	0,110
T4	297,11	7,15	15,73	99,44	25,19	1,144	0,297	0,141	3,353	0,324
T5	-258,12	-4,95	-14,49	-63,63	-19,17	-1,673	-0,253	-0,111	-2,539	-0,258
T6	-23,70	-0,57	-1,40	-6,86	-2,11	-0,187	-0,023	-0,012	-0,247	-0,028
T7	129,60	2,90	8,80	49,45	10,25	0,950	0,128	0,061	1,866	0,153
T8	25,14	0,50	1,28	7,04	2,25	0,199	0,016	0,012	0,356	0,029
T9	-2152,15	-25,30	-133,65	-265,10	-118,25	-13,567	-1,365	-0,650	-18,320	-3,698

Tabla 2. Eficacia de nutrientes (mg.g<sup>-1</sup>.cm<sup>2</sup> peso seco) en los dos períodos de muestreo para cada uno de los tratamientos

miento con riego estival continuo, aunque en el muestreo de 2005 presentó un valor mucho más bajo, incluso menor que el observado en el tratamiento con riego para acortar el período de sequía. El resto de tratamientos con riego mostraron eficacias muy bajas durante el 2004, y negativas en el 2005. REY-BENAYAS (1998) señala que los riegos pueden incrementar la eficacia en las repoblaciones de ambiente mediterráneo, pero nuestros resultados parecen indicar que cuando los riegos son periódicos o se realizan al final de la estación estival, se traducen en una mayor eficacia. Sin embargo, los riegos aplicados al inicio del verano o en época de máximo estrés hídrico, cuando las altas temperaturas provocaron una elevada evaporación, no fueron tan eficaces.

La protección ofrecida por las piedras en la banqueta de plantación (T4), y la aplicación de residuos forestales demostraron ser muy eficaces (E) en el aprovechamiento de nutrientes durante ambos años (posiblemente debido a que mantienen la humedad edáfica), especialmente el T4 en el 2005 cuando las condiciones fueron más desfavorables. Sin embargo, el tratamiento con residuos sólidos urbanos fue el menos eficaz (E) en el aprovechamiento de los nutrientes, y además presentó el menor porcentaje de supervivencia, incluso menor que el TC.

Estos valores parecen indicar que son la disponibilidad de agua y la época de riego los factores que van a determinar en mayor medida el crecimiento de las plantas, de tal forma que cuando el aporte es periódico o se protege el suelo de la intensa evaporación, se traduce en una mayor capacidad de absorción de nutrientes y mayor eficacia (E) en el aprovechamiento de los mismos. También el T9 tenía el suelo protegido, pero hubo un gran desarrollo de vegetación herbácea en la banqueta de plantación que compitió por el agua y los nutrientes con las plántulas, disminuyendo así su disponibilidad, y afectando además a la supervivencia. La competencia interespecífica puede ejercer un fuerte efecto en el desarrollo de las plantas (HARPER, 1977) especialmente en ecosistemas mediterráneos debido a la irregular disponibilidad de agua (TRABAUD, 1994).

En el muestreo de 2004, la realización de binas al inicio de la plantación o durante los tres años post-plantación, mostró una eficacia (E) mayor a la obtenida en el TC, siendo muy parecida a la

obtenida en los tratamientos con cubierta de piedras y residuos forestales. Sin embargo, en el muestreo de 2005, la eficacia (E) fue muy similar o inferior a la obtenida en el TC. La eliminación de herbáceas en la banqueta de plantación y la formación de una capa extremadamente seca que forma una costra física en superficie, permite una mayor disponibilidad de agua a la vez que evita la evaporación (LÓPEZ-ALONSO, 2001; SCHIETTECATTE et al., 2005), lo que produce un aumento en los recursos hídricos disponibles, resultando favorable en el desarrollo de las plantas. Sin embargo, cuando las precipitaciones fueron muy escasas, este tratamiento disminuyó enormemente la eficacia (E) en el aprovechamiento de los nutrientes.

## CONCLUSIONES

La utilización combinada de la concentración de nutrientes en hojas junto con el incremento de la superficie foliar, que hemos denominado “eficacia” (E), se propone como un método no destructivo, que permite conocer el desarrollo y estado de una forestación en los primeros estadios de crecimiento.

La eficacia en el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas de encina está muy relacionada con el aporte de agua en el período previo al análisis. Si el aporte es periódico esta eficacia es mayor, pero cuando se elimina el aporte y las condiciones son desfavorables disminuye. Los riegos ocasionales aplicados al inicio del verano o en época de máximo estrés hídrico, no producen incrementos apreciables en la eficacia.

Los tratamientos que evitan las pérdidas de agua por evaporación, como la aplicación de residuos forestales, y especialmente la colocación de piedras grandes en la banqueta de plantación alrededor de la plántula, resultaron ser los más eficaces en el aprovechamiento de nutrientes y, por tanto, en el desarrollo de las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOCIO, I.; NAVARRO, F.B.; RIPOLL, M.A.; JIMÉNEZ, M.N. & DE SIMÓN, E.; 2004. Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): response to different soil pre-

- paration techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Ann. For. Sci.* 61: 171-178.
- CASADESÚS, J.; TAMBUSSI, E.; ROYO, C. & ARAUS, J.L.; 2000. Growth assessment of individual plants by an adapted remote sensing technique. *Options Méditerranéennes* 40: 129-132.
- CORTINA, J.; BELLOT, J.; VILAGROSA, A.; CATURLA, R.N.; MAESTRE, F.T.; RUBIO, E.; ORTÍZ DE URBINA, J.M. Y BONET, A.; 2004. Restauración en semiárido. *En: V. R. Vallejo y J. A. Alloza (eds.), Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo: 345-406.* Fundación CEAM. Valencia.
- FAO-ISRIC; 1998. *Base Referencial Mundial del recurso del suelo.* FAO. Roma.
- GANDULLO, J.M.; 2000. *Climatología y Ciencia del suelo.* Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- GLAUD, J.C. & GOULEKE, G.G.; 1989. Municipal organic wastes and composts for arid areas. *Arid Soil Res. Rehab.* 3: 171-184.
- GIL, L. Y PARDOS, J.A.; 1997. Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 4: 27-33.
- GÓMEZ, V. Y ELENA, R.; 1997. Investigación de las marras causadas por factores ecológicos de naturaleza meteorológica. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 4: 13-25.
- HARPER, J.; 1977. *Population Biology of Plants.* Academic Press, London.
- JIMÉNEZ, M.N.; RIPOLL, M.A.; NAVARRO, F.B.; BOCIO, I. Y DE SIMÓN, E.; 2004. Modificación del microclima edáfico producido por riegos en forestaciones de zonas semiáridas. *Invest. Agrar.: Sist. Rec. For.* (Fuera de serie): 142-151.
- LÓPEZ-ALONSO, R.; 2001. Consideraciones acerca de los límites de aplicación del método del número de curva del Soil Conservation Service. *Ciencia y Técnica* 66: 92-97.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN; 1986. *Métodos Oficiales de Análisis.* Madrid.
- NAVARRO, R.M. Y MARTÍNEZ, A.; 1996. *Forestación en explotaciones agrarias.* Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- NAVARRO, R.; FRANGUEIRO, B.; DE PRADO, R.; DÍAZ, J.L. Y GUZMÁN, R.; 2004. Técnicas de conservación del suelo en forestaciones de terrenos agrícolas. *En: P. Fernández; E.J. González; A. Martínez y R. Navarro (eds.), Mantenimiento y Conservación del Suelo en Forestaciones Agrarias: 41-73.* Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de la Universidad de Córdoba. Córdoba.
- RAMOS, J.L.; 1981. *Repoblaciones.* Ed. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- RETANA, J.; ESPELTA, J.M.; GRACIA, M. & RIBA, M.; 1999. Seedling recruitment. *In: F. Rodá, J. Retana, C.A. Gracia & J. Bellot (eds.), Ecology of Mediterranean evergreen oak forest: 89-103.* Springer-Verlag. Berlín.
- REY-BENAYAS, J. M.; 1998. Growth and mortality in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading in Mediterranean set-aside agricultural lands. *Ann. Sci. For.* 55: 801-807.
- REY-BENAYAS, J.M. & CAMACHO, A.; 2004. Performance of *Quercus ilex* saplings planted in abandoned Mediterranean cropland after long-term interruption of their management. *Forest Ecol. Manage.* 194: 223-233.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. & LOIDI, J.; 1999. Bioclimatology of the Iberian Peninsula. *Itinera Geobot.* 13: 41-47.
- PEMÁN, J.R. Y NAVARRO, R.; 1998. *Repoblaciones forestales.* Eines 24. Universidad de Lleida.
- SCHIETTECATTE, W.; OUESSAR, M.; GABRIELS, D.; TANGHE, S.; HEIRMEN, S. & ABDELLI, F.; 2005. Impact of water harvesting techniques on soil and water conservation: a case study on a microchment in southeastern Tunisia. *J. Arid Environ.* 61: 297-313.
- SERRADA, R.; 2000. *Apuntes de repoblaciones forestales.* Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Forestal. Madrid.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E. & PEÑUELAS-RUBIRA, J.; 2004. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecol. Manage.* 196: 257-266.