

# EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO BAJO DISTINTOS PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE MALEZAS EN FORESTACIONES DE ENCINA

Carlos J. Ceacero Ruiz<sup>1</sup>, José Luis Díaz-Hernández<sup>2</sup> y Rafael M<sup>a</sup> Navarro-Cerrillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Edf. Leonardo da Vinci. Campus de Rabanales. Carretera Nacional IV, Km 396. Apto. 3048. 14071-CÓRDOBA (España)

<sup>2</sup> IFAPA. Camino del Purchil s/n. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Apto. 2027. 18080-GRANADA (España). Correo electrónico: josel.diaz@juntadeandalucia.es

## Resumen

El presente trabajo analiza el efecto de diferentes técnicas de restauración vegetal en la reducción de la pérdida de agua (control de la competencia) y su influencia sobre la dinámica hídrica del suelo, tanto en su evolución temporal como en su distribución a lo largo del perfil edáfico. El análisis se realizó determinando en campo el contenido hídrico del suelo durante el periodo comprendido entre Marzo 2003 y Octubre de 2004, utilizando una sonda de neutrones y registrando la humedad cada 10 cm hasta alcanzar 1 m de profundidad. Los resultados obtenidos mostraron la influencia tanto de las técnicas de control de la competencia herbácea ensayadas como de las propiedades físicas del suelo, fundamentalmente el contenido de gravas, sobre la evolución temporal y la distribución en profundidad del contenido hídrico del suelo.

Palabras clave: *Mulch, Herbicida, Laboreo, Textura del suelo, Contenido en gravas, Humedad edáfica*

## INTRODUCCIÓN

Algunas de las causas más comúnmente citadas en la justificación de los pobres resultados obtenidos en las labores de forestación de tierras agrarias con encina son las condiciones del sitio, los cambios en las propiedades edáficas, la competencia de la vegetación herbácea y la predación animal (SOUTH et al., 2001). Es un hecho conocido que el uso eficiente del agua es un factor clave para el establecimiento de la planta en condiciones mediterráneas. La disponibilidad de agua para la planta, condicionada fundamentalmente por las aportaciones provenientes de la precipitación, por el comportamiento hídrico del suelo y por la competencia con la vegetación natural espontánea,

puede ser manipulada por diferentes técnicas de restauración (preparación del terreno, control de la competencia, etc.) (NAVARRO CERRILLO et al., 2004; VALLEJO et al., 2006). El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de diferentes técnicas de control de la competencia herbácea sobre la evolución temporal del contenido de agua del suelo tanto en superficie como en los horizontes profundos del perfil edáfico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La parcela de experimentación se localizó en la finca "Alameda del Obispo" (Córdoba, coordenadas 37° 51' N y 4° 48' E, 92 m altitud) ante-

riormente dedicada a cultivos agrícolas. Presenta una topografía plana, ligeramente inclinada hacia el río Guadalquivir (pendiente (<1%), sin señales evidentes de erosión. El material original son gravas rodadas heterométricas de naturaleza silíceas (cuarcitas, diabasas y areniscas), con ocasionales cantos de caliza, que descansan sobre margas grises del Terciario de la Depresión del Guadalquivir. Sobre ellas se desarrollan fluvioles cálcicos, labrados, de espesor irregular pero sin superar los 50 cm. La zona tiene un clima mediterráneo, con una temperatura media anual de 17,6°C y una precipitación media anual de 609 mm, con acusada sequía estival.

En Enero de 2003 se plantaron manualmente brinzales de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp., de 1 savia, suministrados en contenedor de 400 cm<sup>3</sup>. La parcela se subsoló hasta 50 cm de profundidad y después se gradeó. El diseño experimental elegido para el ensayo fue un diseño multifactorial de bloques completos al azar con 4 repeticiones y 20 unidades muestrales (plantas) por combinación factorial (80 plantas por tratamiento) y con un marco regular de plantación de 2x1,5 m. Se testearon 3 tratamientos de control de malas hierbas (laboreo -L-, mulch -M- y herbicida -H-), combinado con la presencia o no de tubo protector (T) (L, LT, M, MT, H, HT, respectivamente). Finalmente se introdujo un tratamiento testigo (C).

Se perforaron 4 sondeos distribuidos de forma regular en la superficie ocupada por cada tratamiento y junto a una de las plantas centrales del mismo (1 sondeo por cada una de las 4 repeticiones correspondientes a cada combinación factorial -7 tratamientos ensayados-, es decir, 28 sondeos en total). Los sondeos se realizaron hasta una profundidad de 1,3 m, extrayendo cuidadosamente el material del suelo para su posterior análisis. En estos puntos se midió periódicamente entre marzo de 2003 y octubre de 2004, cada 15 días, la evolución de la humedad en profundidad utilizando una sonda de neutrones TROXLER 3330, midiendo a lo largo de todo el sondeo cada 10 cm.

Se establecieron las calibraciones de la sonda de neutrones contrastando con la humedad gravimétrica tras secar el material edáfico en estufa con ventilación forzada a 105°C. También se separó la grava de la tierra fina con

un tamiz de 2 mm., determinando el contenido de gravas (%) para cada horizonte en los diversos puntos de las parcelas. La media de estos valores de cada sondeo expresó el porcentaje de gravas para cada punto.

El análisis de los efectos del factor tiempo y el factor tratamiento sobre el contenido de agua del suelo se realizó mediante análisis de varianza con medidas repetidas, utilizando el factor contenido de gravas como covariable. Previamente se contrastaron los requisitos necesarios para realizar dicho análisis. El programa estadístico utilizado fue SPSS v.12.0.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra la evolución temporal del contenido de agua normalizado en superficie (hasta 30 cm de profundidad) para el periodo de seguimiento realizado. Con carácter general, se observó una reducción progresiva del contenido de agua superficial entre los meses de abril 03 a septiembre 03 para asistir a una recuperación a partir del mes de octubre 03. Entre los meses de noviembre 03 a abril 04 se asistiría al periodo de máximo contenido de agua en suelo para volver a descender a partir del mes de mayo y hasta el final del periodo de seguimiento.

La Figura 2 muestra la evolución temporal del contenido de agua normalizado en profundidad (entre 70 y 100 cm). El comportamiento de la curva de evolución temporal fue similar al mostrado en superficie, si bien los periodos de incremento y decremento del contenido de agua aparecen retrasados (generalmente 1 mes) respecto de los definidos en el contenido de agua superficial.

Con carácter general se observó un intervalo de variación del contenido de agua en superficie de mayor rango que el detectado en profundidad. Es decir, la diferencia entre los máximos y mínimos contenidos de agua detectados en superficie superaron a los registrados en profundidad.

Los análisis de varianza con medidas repetidas de los efectos del factor tiempo, tratamiento y contenido de gravas sobre el contenido de agua medio del suelo mostraron la significación de los tres factores en función del espesor del perfil analizado. De esta forma, para el análisis superficial (hasta 30 cm de profundidad) el

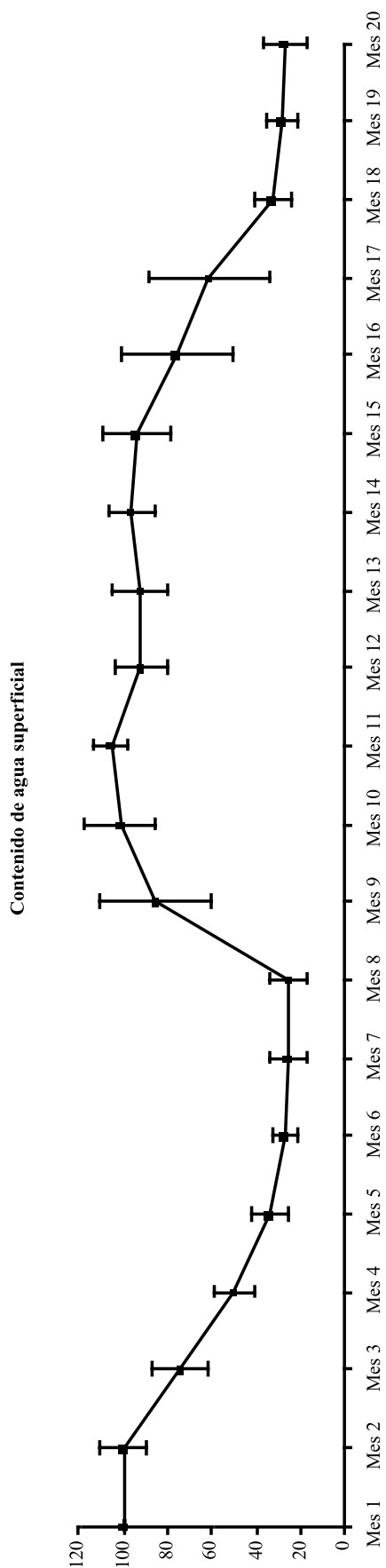


Figura 1. Evolución temporal del contenido medio de agua normalizado en superficie (hasta 30 cm) para el conjunto de tratamientos ensayados. El eje vertical son porcentajes. Mes 1: marzo 03. Las barras representa el error estándar

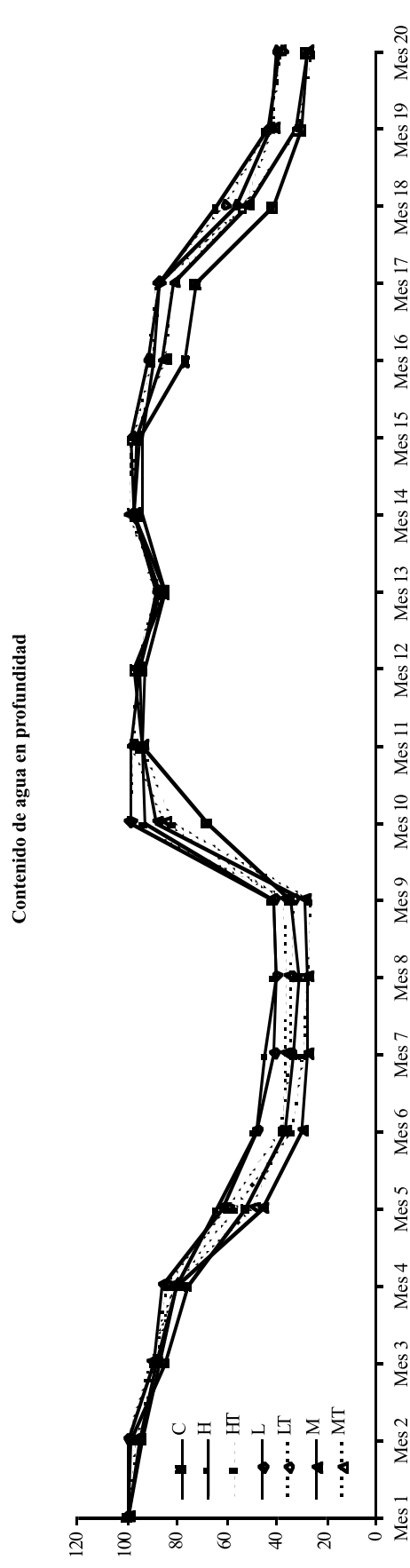


Figura 2. Evolución temporal del contenido de agua normalizado en profundidad (70-100 cm) para el periodo de seguimiento realizado. El eje vertical son porcentajes

tiempo fue el único factor significativo, mientras que en el análisis del contenido de agua en profundidad (70-100 cm) tanto el tiempo como el tratamiento y el contenido de gravas mostraron significación estadística (Tabla 1). En este último caso se recurrió al test de Tukey para la identificación de subconjuntos homogéneos de contenido de agua medio en profundidad. Los resultados obtenidos mostraron que el trata-

miento LT registró mayor contenido de agua en profundidad que el tratamiento MT (Tabla 2).

La Tabla 3 recoge los resultados de los análisis texturales del suelo para los diferentes tratamientos muestreados. Destacaron los datos obtenidos para la fracción gruesa del suelo (contenido de gravas), donde el tratamiento LT mostró significativamente menores contenidos medios para el conjunto del perfil que los trata-

#### Test de efectos intra-sujetos

Fuente		Media Cuadrática	F	Sig.
Tiempo	Sphericity Assumed	1.271,229	246,700	0,000
	Greenhouse-Geisser	14.599,834	246,700	0,000
	Huynh-Feldt	12.466,254	246,700	0,000
	Lower-bound	24.153,351	246,700	0,000

#### Test de efectos inter-sujetos

Fuente		Media Cuadrática	F	Sig.
Gravas Tratamiento		4.404,995	15,194	0,000
		891,668	3,076	0,012

**Tabla 1.** Tabla resumen del análisis de varianza con medidas repetidas realizado para el contenido de agua medio en profundidad (70-100 cm)

Trat	N	Subconjunto	
		1	2
MT	7	9,424	
C	6	10,710	10,710
L	4	10,856	10,856
H	8	12,730	12,730
M	11	13,709	13,709
HT	11	16,045	16,045
LT	12		16,631

**Tabla 2.** Resultados del test de Tukey para la identificación de diferencias entre tratamientos respecto el contenido medio de agua en profundidad (70-100 cm)

Trat	%Gravas		%Arena		%Limo		%Arcilla	
C	24,54 c	0,76	51,40	2,14	32,22	2,02	16,38	0,59
H	14,44 abc	0,67	48,55	4,42	33,13	2,26	18,32	2,29
HT	4,01 a	0,05	55,79	2,04	30,80	1,27	13,41	0,89
L	24,64 c	0,68	48,30	2,76	32,86	1,27	18,84	1,63
LT	5,99 ab	0,17	53,89	2,64	31,07	1,29	15,04	1,38
M	17,46 bc	0,86	55,33	1,65	30,90	1,15	13,77	0,79
MT	19,02 c	0,77	49,49	1,62	32,73	1,21	17,78	0,70

**Tabla 3.** Características texturales del suelo para los diferentes tratamientos ensayados. Los datos representan el valor medio por tratamiento y su error típico

mientos C, L y MT. La fracción fina del suelo fue mucho más homogénea en los diferentes tratamientos que la fracción gruesa.

## DISCUSIÓN

La evolución temporal del contenido de agua en el suelo atendió a la evolución estacional esperada en ambientes dominados por clima mediterráneo, caracterizados por inviernos templados y lluviosos y veranos calurosos y secos (ALLUÉ, 1990). El retraso temporal (aproximadamente 1 mes) experimentado por los horizontes profundos del perfil del suelo respecto a los superficiales (variación estacional del contenido de agua en los periodos de máxima y mínima humectación) debe interpretarse como una consecuencia lógica de las dinámicas de infiltración a lo largo del perfil del suelo y evaporación superficial, en las cuales las características texturales del suelo, especialmente el contenido de gravas, será un factor determinante (VALENTÍN & BRESSON, 1992).

Por otro lado, se detectó que el contenido de agua en profundidad resultó ser menos variable (menor oscilación máximo/mínimo a lo largo del periodo de seguimiento) que el registrado en superficie. En primer lugar, la capa superficial del suelo está sometida a una mayor inestabilidad derivada de su mayor exposición a las variaciones de temperatura y precipitación, factores clave en las dinámicas de pérdida/aportación del contenido de agua del suelo. En segundo lugar, los horizontes superficiales son los principales receptores de las diferentes técnicas de restauración aplicadas. Estas técnicas pueden modificar el contenido y disponibilidad de agua de un suelo.

Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento no permitieron detectar la existencia de diferencias significativas para el contenido de agua superficial en función tratamiento de control de malezas aplicado. Estos resultados contrastan con los obtenidos por diversos autores (DAHIYA *et al.*, 2007; LICHT & AL-KAISI, 2005) que confirman que el laboreo acelera el calentamiento y desecación del suelo debido a un aumento de la evaporación especialmente en superficie, respecto de otros tratamientos como la aplicación de mulch o herbicida.

Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron la existencia de diferencias entre tratamientos para el contenido de agua en profundidad, destacando los tratamientos LT y HT que registraban los mayores contenidos de agua. Aunque el efecto del tratamiento incide principalmente en superficie, puede esperarse que dicho efecto tenga un reflejo en el comportamiento del agua en profundidad. De esta manera, algunos autores (WARKENTIN, 2001) señalan que un laboreo reducido, como el aplicado en este trabajo, puede generar mayores macroporos y biocanales que influyen en el movimiento del agua y su disponibilidad. Independientemente del efecto del tratamiento aplicado en superficie y su repercusión en profundidad, la justificación al comportamiento observado en el contenido de agua de este trabajo debe vincularse principalmente con las propiedades físicas del suelo, más concretamente con el contenido de gravas del perfil. Son diversos los autores que señalan a la pedregosidad como una propiedad del suelo fundamental en la redistribución del agua de lluvia, ya que juega un papel preponderante en las dinámicas de infiltración y escorrentía (VALENTÍN, 1994; POESEN & LAVEE, 1994). En consonancia con lo comentado, los resultados obtenidos en este trabajo mostraron, con carácter general, que los tratamientos con mayor contenido de agua registraban los menores contenidos medios en gravas (LT y HT) y viceversa, los menores contenidos en agua se asociaban con aquellos tratamientos cuyos contenidos medios en grava eran más importantes (tratamientos C, L y MT). Esta tendencia general pudo contrastarse con significación estadística para los tratamientos MT y LT. Por tanto, la grava constituye una fracción inerte del suelo ante los procesos de humectación, lo que disminuye su capacidad de almacenamiento.

## CONCLUSIONES

El contenido de agua del suelo mostró una evolución temporal asociada a la dinámica aportaciones/demandas propia de los ambientes mediterráneos. El efecto de los tratamientos de control de malezas sobre el contenido de agua del suelo sólo pudo contrastarse para los horizontes profundos del perfil. Independientemente

del reflejo que los tratamientos superficiales de control de malezas tienen sobre el contenido de agua en profundidad, el contenido de gravas del perfil del suelo mostró una relación inversa con el contenido de agua de dicho perfil.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ, J.L.; 1990. *Atlas fitoclimático de España*. MAPA. Madrid.
- DAHIYA, R.; INGWERSEN, J. & STRECK, T.; 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modelling. *Soil Till. Res.* 96: 52-63.
- LICHT, M.A. & AL-KAISI, M.; 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil Till. Res.* 80: 233-249.
- NAVARRO CERRILLO, R.M.; FRAGUEIRO, B.; DE PRADO, R.; DIAZ-HERNÁNDEZ, J.L. Y GUZMÁN, R.; 2004. Técnicas de conservación del suelo en forestaciones de terrenos agrícolas. En: P. Fernández, E. González, A. Martínez y R. Navarro (eds.), *Mantenimiento y conservación del suelo en forestaciones agrarias*: 41-73. Asociación Española
- Agricultura de Conservación/Suelos Vivos y ETS Ingenieros Agrónomos y de Montes de la Universidad de Córdoba. Córdoba.
- POESEN, J. & LAVEE, H.; 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes. *Catena* 23: 1-28.
- SOUTH, D.B.; ZWDINSKI, J.B. & KOTZE, H.; 2001. Early growth responses from weed control and planting large stocks of *Pinus radiata* are greater than that obtained from mechanical soil cultivation. *New Forests* 22: 199-211
- VALENTIN, C.; 1994. Surface sealing as affected by various rock fragment covers in West Africa. *Catena* 23: 87-97.
- VALENTIN, C. & BRESSON, J.L.; 1992. Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. *Geoderma* 55: 225-245.
- VALLEJO, V.R.; ARONSON, J.; PAUSAS, J. & CORTINA, J.; 2006. Restoration of Mediterranean Woodlands. Chapter 14. In: J. Van Andel & J. Aronson (eds.), *Restoration Ecology*: 193-207. The New Frontier. Blackwell Publ. Oxford.
- WARKENTIN, B.P.; 2001. The tillage effect in sustaining soil functions. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164: 345-350.