

INFLUENCIA DE LA PLANTA EN LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN OLIVARES CULTIVADOS CON CUBIERTAS VEGETALES

F. Márquez¹, J.V. Giráldez², A. Rodríguez-Lizana¹, R. Ordóñez³

¹ Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos. Centro Alameda del Obispo. Apdo. 3092. 14080-Córdoba. fmarquez@aeac-sv.org; arodriguez@aeac-sv.org

² Dpto. de Agronomía, Universidad de Córdoba, Apdo. 3048, y Dpto. de Agronomía, IAS, CSIC, Apdo. 4084, 14080, Córdoba. aglgicej@uco.es

³ Área de producción ecológica y recursos naturales. IFAPA. Centro Alameda del Obispo. Apdo. 3092. 14080-Córdoba. rafaela.ordonez.ext@juntadeandalucia.es

RESUMEN: La presencia de raíces modifica la distribución de la humedad en el suelo, especialmente bajo condiciones de secano, en las que las fluctuaciones ambientales están menos amortiguadas que en regadío.

Se analiza la influencia de la absorción radical de las plantas de la cobertura vegetal protectora del suelo en la disponibilidad de agua para el olivo, examinando los perfiles de humedad obtenidos en muestreos localizados a diferente distancia del árbol durante la prospección de diversas comarcas olivareras andaluzas.

Con la ayuda de un modelo estadístico sencillo se estudia la evolución espacio-temporal de la humedad del suelo en olivares con cobertura vegetal. Los resultados muestran una escasa competencia entre olivo y cubierta, hasta el inicio de la primavera. La competencia entre árbol y cubierta puede ser eliminada con un correcto manejo de ésta.

ABSTRACT: Water uptake from roots modifies the spatial distribution of moisture, especially under dry-farming conditions, where environmental fluctuations are less damped than in the case of irrigated farming.

The influence of the water absorption has been analyzed in moisture profiles measured in an experimental network established in several olive cropping areas of Andalusia. A simple statistical model shows that, in most cases, the tree-grass competition for water is not too important until the Spring. Thereafter, a rational management of the cover will reduce the water absorption by the cover crop.

sedimentos, y mejora la estructura del suelo, por el anclaje de las raíces y la aportación de materia orgánica. Su efecto benéfico ha sido evaluado en los olivares andaluces por Espejo-Pérez et al. (2005), en microparcelas, en las que la disminución media de las producciones respectivas de escorrentía y sedimentos con respecto a las del olivar bajo cultivo tradicional fue de un 41%, y un 72%.

El mayor inconveniente que presenta este sistema de conservación, es que la transpiración de las plantas herbáceas de la cubierta empieza a ser elevada al llegar la primavera. Márquez (2006) observó durante dos años en diferentes tipos de cubiertas y lugares, cómo, a partir de finales de marzo y principios de abril, la transpiración de estas plantas llegaba a unos 5 y 7 mm diarios, dependiendo de la especie la humedad del suelo y del manejo de la cubierta, siega o no. El consumo de agua por la cubierta durante el periodo de la floración del olivo, puede disminuir apreciablemente la producción de aceite.

Por ello un manejo adecuado de la cubierta vegetal requiere determinar con precisión el momento en el que se ha de segar física, con desbrozadora o pastoreo, o químicamente, con herbicidas. De ahí la importancia que tiene el conocimiento de la evolución espacio-temporal de la humedad del suelo en olivares con cobertura vegetal.

Con este propósito se han muestreado sistemáticamente los suelos de los olivares en los que la AEAC/SV ha establecido las microparcelas de erosión analizadas por Espejo-Pérez et al. (2005). En el muestreo se ha considerado la posición relativa del suelo con respecto al olivo, teniendo en cuenta el movimiento aparente del sol en los ciclos diario y anual.

1.- Introducción

La cubierta vegetal, constituye un método eficaz para proteger al suelo de la erosión, especialmente intensa en regiones como Andalucía, en la que la topografía es bastante abrupta, sólo el 15% de las tierras dedicadas al cultivo del olivar tiene pendientes inferiores al 5% (Gómez, 2005), los chubascos suelen ser intensos, y el suelo está desprotegido durante una parte importante del año.

La cubierta vegetal disipa la energía cinética de las gotas de lluvia, frena el flujo de agua sobre la superficie del suelo, al impedir que ésta corra libremente, reteniendo los

2.- Material y métodos

2.1. Características de los campos experimentales y trabajo de campo

Se han estudiado ocho parcelas experimentales distribuidas por la región entre las que hay gran variabilidad, tanto en el tipo de cubierta vegetal, como en el sistema de manejo de la misma.

Hay tres parcelas en la provincia de Córdoba (C3, Castro del Río; C4, Nueva Carteya y C5, Obejo), dos en Huelva (H1 y H2, Chucena), dos en Jaén (J1, Torredonjimeno y J2, Torredelcampo) y una en Sevilla (S2, La Campana). La descripción y características de las distintas parcelas están recogidas por Márquez et al. (2007).

En cada parcela experimental, se eligió un olivo representativo de la finca, realizando muestreos de humedad en tres zonas según se indica en la figura 1:

1. Junto al árbol (Bajo olivo, 2 tomas por salida)
2. Donde acaba la copa (Perímetro, 2 tomas por salida)
3. Centro de la calle (Calle, 6 tomas por salida)

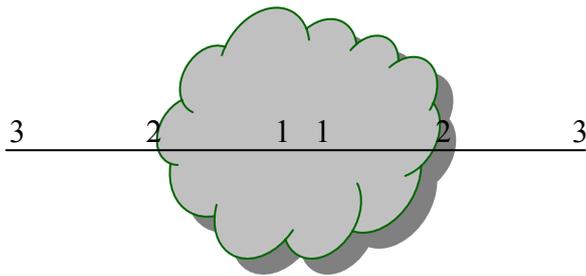


Fig. 1. Zonas de muestreo

Se han realizado muestreos entre noviembre del año 2004 y septiembre del 2005, con una periodicidad de 4 a 5 semanas, o tras episodios importantes de lluvia. Las muestras de suelo se extrajeron con una barrena Edelman en los intervalos de humedad 0-0.05, 0.05-0.1, 0.1-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6 m, para 4 de los 6 muestreos realizados en el centro de la calle, llegando a los 0.6-0.8 m, para las

repeticiones restantes de dicho punto, y en los muestreos del olivo, con dos muestreos por zona.

La exploración de los primeros 0.6 m del perfil pretende estimar la influencia de la posición del árbol con respecto a la trayectoria solar, en la variación espacio-temporal de la humedad, así como la de las plantas de la cubierta, ya que esta zona es la más sombreada por la copa del olivo. Los muestreos más profundos, hasta 0.8 m pueden esclarecer la interacción entre el olivo y la cubierta en las tres zonas, calle, interior y perímetro de la copa. El aumento en la profundidad de muestreo se debe al mayor alcance de las raíces de ambas plantas. Una vez recogidas las muestras, se guardaron para medir su humedad por pesada, desecación en estufa y pesada en el laboratorio. También se midió la densidad aparente con sondas cilíndricas de 0.06 m de longitud y 0.052 m de diámetro interior, para convertir la humedad a volumétrica.

2.2 Análisis de datos

La evolución espacio-temporal de la humedad se ha efectuado con el método de las diferencias relativas propuesto por Vachaud et al. (1985). Se dispone de muestreos en diferentes zonas circundantes al olivo, obteniendo un total de 10 puntos por ensayo (6 en la calle, puntos 1 a 6), 2 en el perímetro (7 y 10) y 2 bajo la copa (8 y 9)), como se aprecia en la figura 2, en la que también se muestra el ángulo α , que representa la posición del norte geográfico respecto a la línea imaginaria que une los puntos del 10 al 7, en el sentido contrario al giro de las agujas del reloj.

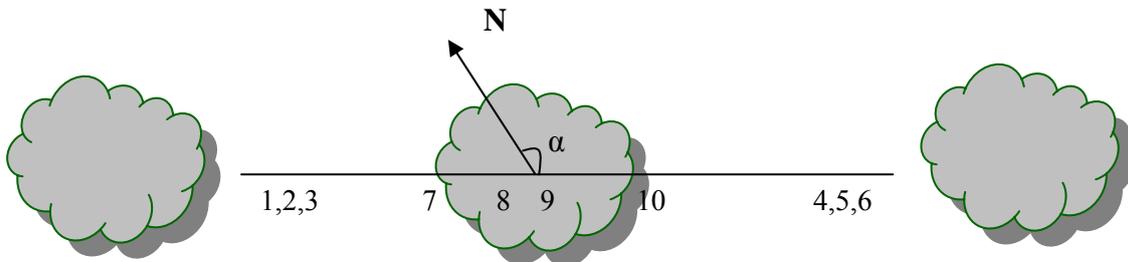


Fig. 2. Valores asignados a los puntos de muestreo y ángulo α

La estabilidad temporal fue definida por Vachaud et al. (1985) como el mantenimiento de unos parámetros de la distribución temporal de una propiedad del suelo. Para el análisis de la estabilidad temporal de las series de humedad del suelo se han usado la media y la desviación típica de la diferencia relativa δ_{ij} , en la que el índice j representa la variable tiempo, en este caso días, y la i el punto de muestreo.

La variable δ_{ij} es el valor normalizado de la desviación de los valores medidos de humedad, S_{ij} , con respecto a la media, S_j

$$S_j = n^{-1} \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad (1)$$

$$\delta_{ij} = (S_{ij} - S_j) / S_j \quad (2)$$

La media de las desviaciones es δ_i

$$\delta_i = m^{-1} \sum_{j=1}^m \delta_{ij} \quad (3)$$

y su desviación típica σ_{δ_i} ,

$$\sigma_{\delta} = (m-1)^{-1} \sum_{j=1}^m (\delta_{ij} - \delta_j)^2 \quad (4)$$

forma creciente respecto a la humedad en el horizonte 0-0.6 m y el ángulo α , formado por la línea de muestreo de puntos en el árbol con respecto al Norte. El contenido de agua aumenta de izquierda, posición primera, a derecha, posición décima.

3.- Resultados

La tabla 1 muestra la posición de los puntos muestreados para cada finca, resultante de ordenar la variable δ_{ij} de

Tabla 1. Posición de cada punto de muestreo con respecto a sus compañeros y ángulo α . Periodo de muestreo de noviembre del 2004 a septiembre del 05. Profundidad de muestreo 0-0.6m.

Parcela	Posición										α
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo	Noveno	Décimo	
C3	7	8	9	10	4	5	2	3	1	6	320°
C4	5	7	8	3	4	6	9	2	1	10	210°
C5	5	9	6	10	2	3	1	8	7	4	40°
J1	9	7	3	2	8	10	4	1	6	5	220°
J2	8	7	9	5	2	10	1	4	3	6	260°
S2	9	7	10	4	1	2	8	6	5	3	225°
H1	6	3	10	5	4	9	2	8	1	7	0°
H2	7	9	8	2	5	4	1	6	3	10	180°

Como se aprecia los puntos de bajo olivo y perímetro, ocupan las posiciones más secas para todo el conjunto de fincas excepto C5 y H1. Para algunas fincas como C4, H1, H2 y en menor medida J1 y J2 se observa que hay un punto del perímetro (7 ó 10) que es el más húmedo (C4, H1 y H2) o se encuentra entre ellos (J1 y J2). Que el punto más húmedo sea el 7 o el 10 depende del ángulo α , así los ángulos cercanos a 0 provocan que el punto más húmedo sea el 7, y los cercanos a 180 el 10. Si se corrige la posición de los muestreos en los que la alienación de los olivos es próxima a 0, en un intervalo amplio, e.g. C3, C5 y H1, con lo que se intercambiarían los puntos 7 y 10, no aparece el punto 7 en un puesto más húmedo que la cuarta posición, en los casos C3 y C5. Esto demuestra que la insolación mayor en el borde meridional de la copa, reduce la humedad del suelo más que en el borde septentrional.

Por las limitaciones de espacio, y por la semejanza en los comportamientos, se expone sólo la variación temporal y espacial observadas en las parcelas C4 y J1.

La figura 3 muestra la posición que ocupa cada punto de muestreo para todas las profundidades y para el total del perfil muestreado. En el eje ordenadas se muestra la diferencia relativa media (δ_i) de cada punto con respecto a la media de humedad, siendo los puntos con diferencias

relativas negativas zonas con humedad por debajo de la media, y los positivos los que superan ésta. El eje de abscisas representa la posición ocupada por cada punto de muestreo, siendo los primeros los más secos y los últimos los más húmedos. Por último, las barras de error de cada punto muestran la desviación típica de la diferencia relativa media σ_{δ} de éstos.

Como se aprecia, las mayores diferencias relativas medias se alcanzan en los primeros 0.05 m tomando valores entre -0.3 y 0.5 para C4 y de -0.2 y 0.2 para J1, disminuyendo esta diferencia bastante para la siguiente profundidad (0.05-0.1m), manteniéndose entre -0.1 y 0.1 en ésta y las restantes profundidades. Situación parecida se aprecia con respecto a σ_{δ} , la cual presenta los valores más elevados en el horizonte más superficial, decreciendo en profundidad.

Como se observa en la figura 3, cerca de la superficie, las zonas del contorno del olivo están distribuidas aleatoriamente por todas las posiciones, sobre todo en C4 y menos en J1, donde se encuentran más a la izquierda. En ambas fincas se aprecia que hay un punto del contorno del olivo que está entre los más húmedos en casi la totalidad de las profundidades. Conforme se gana profundidad los puntos del árbol se desplazan hacia las zonas más secas, siendo la última profundidad (0.4-0.6 m) donde más clara se observa esta situación.

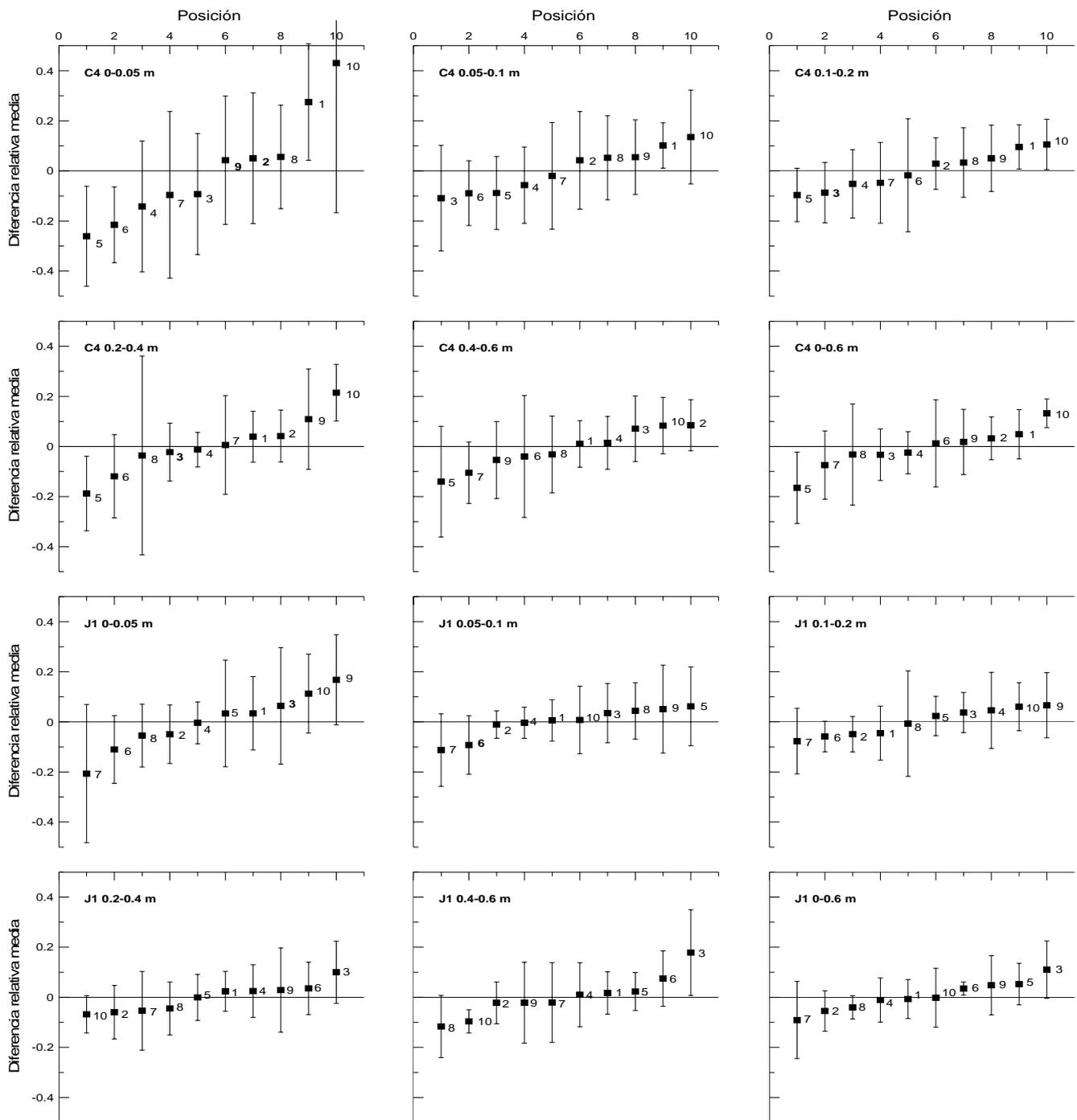


Fig. 3. Posición de los distintos puntos de muestreo para las distintas profundidades y zonas estudiadas. Parcelas C4 y J1.

La figura 4 muestra la evolución temporal de la humedad en las tres zonas de estudio, para las diferentes profundidades muestreadas en la parcela J1, y en la totalidad del perfil estudiado para J1, C4 y H2. Las parcelas restantes muestran unos resultados similares, (Márquez, 2006). Como se aprecia en la gráfica, la zona de la calle está más húmeda, para la mayoría de los muestreos, en los

horizontes más profundos por debajo de 0.4 m, al igual que ocurre en la totalidad del perfil para las fincas J1; C4 y H2, en las que la calle está más húmeda en todos los casos, salvo en los meses de abril y mayo, excepto en el C4, como consecuencia de una mayor transpiración de las plantas de la cubierta, que se segaron más tarde.

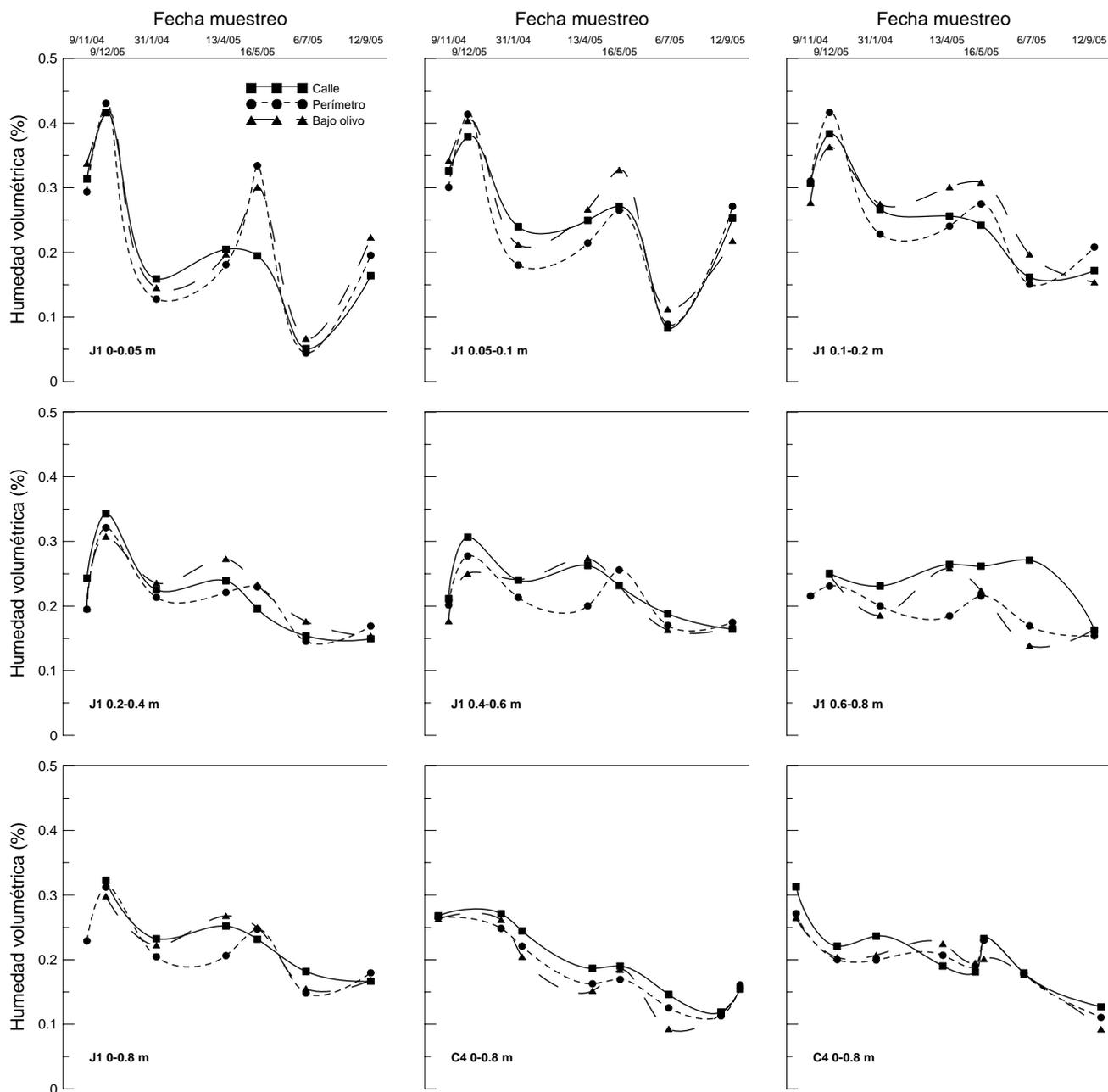


Fig. 4. Evolución de la humedad volumétrica en la calle, perímetro y bajo olivo para las distintas profundidades muestreadas y la total. Periodo del 1 de noviembre del 2004 a 30 de septiembre del 05. Parcelas J1, C4 y H2.

4.- Discusión

Los resultados muestran como el suelo bajo la copa del olivo suele tener menor humedad, debido a la absorción radical del agua, que el suelo que está en la calle. Por ello estos puntos ocupan las posiciones más a la izquierda de la tabla 1. Sin embargo se aprecia, también que en el borde más septentrional de la copa hay más humedad, debido a que, por la trayectoria solar, dicho borde está sombreado durante la mayor parte del día, disminuyendo la intensidad de la evaporación de agua (Eagleson y Segarra, 1985). Estos resultados concuerdan con lo observado por Gómez et al. (2001), que concluyeron que la humedad es mayor en

el centro de la calle que en las cercanías de los olivos, a pesar de que la velocidad de infiltración en esta zona es mayor que la de la calle (Vanderlinden et al. 1998), debido a la mayor porosidad del suelo. La parcela C3 es una excepción a esta observación porque sus olivos son más jóvenes, y, por tanto, con menor volumen de copa que en el resto de las parcelas.

En los muestreos más someros, no se encuentra una tendencia clara en la variación espacial de la humedad, aunque se aprecia cómo el horizonte más superficial es el que presenta unas mayores diferencias relativas, y, a la vez, posee las mayores desviaciones típicas. Ello es consecuencia de las fluctuaciones atmosféricas, a escala

diaria y anual. Parece que existe un claro amortiguamiento de los cambios de humedad en los horizontes más profundos. Las diferencias relativas obtenidas en superficie (entre -0.3 y 0.5 para C4 y de -0.2 y 0.2 para J1), son menores a las obtenidas por Gómez-Plaza et al. (2000) para condiciones mediterráneas (-0.6 a 0.7) y también a los resultados de Martínez-Fernández y Ceballos, (2003) (-0.5 y 0.8), en la cuenca del Duero (España). La diferencia relativa media para el resto de profundidades se acerca mucho a las obtenidas por Vachaud et al., (1985); Grayson y Western, (1998) y Van Pelt y Wierenga, (2001), siendo muy similar a los resultados obtenidos por Moreno et al., (1984) en olivar.

Autores como Famiglietti et al., (1998) consideran que la mayor estabilidad de la humedad se obtiene durante periodos secos, otros como Gómez-Plaza et al., (2000) y Hupet y Vanclooster, (2002) consideran que la inestabilidad es mayor cuanto más seco esté el suelo.

Como se observa en la figura 5 la varianza en ambas fincas alcanza valores mínimos para los periodos secos, aumentando su valor durante la recarga del suelo en C4, y en J1 para periodos de recarga del suelo y para periodos de secado. Esta situación se acerca bastante a la descrita por Martínez-Fernández et al., (2003).

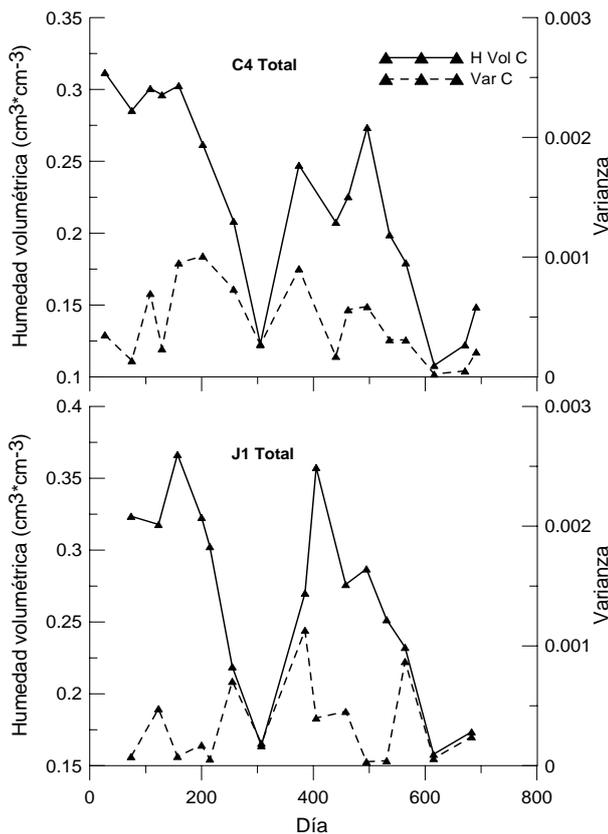


Fig. 5. Variación temporal de la humedad volumétrica media y de la varianza. Periodo del 1 de noviembre del 2003 al 1 de septiembre del 2005. Parcelas C4 y J1.

5.- Conclusiones

La variación temporal y espacial de la humedad del suelo depende, además de las causas propias del suelo, de la influencia que sobre él ejerce la planta, absorbiéndola y protegiéndolo de la insolación solar, según la posición relativa de ambos. Aunque esta influencia no produce un patrón claro de variación, pues sus efectos son a veces contrapuestos, se observan algunas tendencias. La humedad superficial presenta la mayor variabilidad espacio-temporal. Al aumentar la profundidad las variaciones se amortiguan, a la vez que se muestran los muestreos de la calle como la zona más húmeda. Considerando el perfil muestreado completo, el suelo de la calle tiene mayor contenido de agua durante todo el año, salvo la primavera. En esta época la transpiración de las plantas herbáceas hace disminuir la humedad del suelo, por lo que se han de segar para que no compitan con el olivo por el agua del suelo.

Estos resultados hacen pensar que el olivo puede competir favorablemente con las hierbas por el agua, siempre que el manejo sea el adecuado.

Agradecimientos. Los autores agradecen la financiación concedida por el Contrato de Consultoría y asistencia entre la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y AEAC/SV "Desarrollo de un programa de seguimiento para la evaluación de la aplicación de medidas de fomento de cubiertas vegetales en el olivar de Andalucía" y por el convenio CC06-132 entre el IFAPA y la AEAC/SV.

Bibliografía

- Eagleson, P.S. y Segarra, R.I. 1985. Water-Equilibrium of savanna vegetation systems. *Water Resour. Res.* 21:1483-1493.
- Espejo-Pérez, A.J.; Rodríguez-Lizana, A.; Giráldez, J.V. y Ordóñez, R. 2005. Influencia de la cubierta vegetal en la pérdida de suelo en olivar ecológico. Congreso Internacional sobre agricultura de conservación. Córdoba, 345-350.
- Famiglietti, J.S., Rudnicki, J.W. y Rodell, M. 1998. Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas. *J. Hydrol.* 210:259-281.
- Gómez-Plaza, A., Álvarez-Rogel, A., Albaladejo, J. y Castillo, V.M. 2000. Spatial patterns and temporal stability of soil moisture across a range of scales in a semi-arid environment. *Hydrol. Proc.* 14:1261-1277.
- Gómez, J.A., Giráldez, J.V. y Ferrer, E. 2001. Analysis of infiltration and runoff in an olive orchard under no-till. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:291-299.
- Gómez, J.A. 2005. Effects of soil management on soil physical properties and infiltration in olive orchards: implications for yield. En: Benítez, J.; Pisante, M. y Stagmiri, F. Land and water bulletin, Integrated soil and water management for orchard development. Role and importance. FAO. Roma. 10:65-73.
- Grayson, R.B. y Western, A.W. 1998. Towards areal estimation of soil water content from point measurements: Time and space stability of mean response. *J. Hydrol.* 207:68-82.
- Hupet, F. y Vanclooster, M. 2002. Intra-seasonal moisture variability within a small agricultural maize cropped field. *J. Hydrol.* 261:86-101.
- Márquez, F. 2006. Evolución espacial y temporal de la humedad del suelo en parcelas de olivar bajo distintos sistemas de manejo. Trabajo profesional fin de carrera. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.
- Márquez, F.; Giráldez, J.V.; Rodríguez-Lizana, A. y Ordóñez, R. 2007. Un análisis sencillo para describir la influencia de diferentes sistemas de manejo de suelo sobre la evolución de la humedad edáfica en parcelas de olivar. Jornadas sobre la Zona no Saturada.

- Martínez-Fernández, J. y Ceballos, A. 2003. Temporal stability of soil moisture in a large-field experiment in Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1647-1656.
- Martínez-Fernández, J., Ceballos, A., Casado, S. y Morán C. 2003. Estabilidad temporal de la humedad edáfica bajo diferentes condiciones ambientales mediterráneas y de usos de suelo. En: Alvarez-Benedí, J. y Marinero, P. (Ed.). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. Vol. VI:77-82.
- Moreno, F; Vauclin, M; Vachaud, G. y Martín-Aranda, J. 1984. Balance hídrico en un olivar con riego gota a gota. 1st Spanish Cong. Soil Sci.; Madrid. 13-26.
- Vachaud, G., Passerat de Silans, A., Balabanis, P. y Vauclin, M. 1985. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:822-828.
- Van Pelt, R.S. y Wierenga, P.J. 2001. Temporal stability of spatially measured soil matric potential probability density function. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:668-677.
- Vanderlinden, K., Gabriels, D. y Giráldez, J.V. 1998. Evaluation of infiltration measurements under olive trees in Córdoba. *Soil Till. Res.* 48:303-315.

