

# EVAPOTRANSPIRACIÓN DE VIÑEDO EN SECANO Y

## EVAPORACION DE BARBECHO EN "LA MANCHA"

Montero F.J., de Juan J.A., Sajardo E., Cuesta A., Martínez É.

### INTRODUCCIÓN

Un 94% del viñedo español se cultiva con métodos y técnicas propias de los sistemas agrícolas desarrollados en secano en regiones de clima semiárido, donde las precipitaciones anuales raramente exceden los 500 mm: reducida densidad de plantación, conducción en vaso, recolección manual, escaso uso de mano de obra cualificada, limitadas aportaciones de nutrientes, elevado número de labores para el manejo del suelo, y tratamientos fitosanitarios sólo en situaciones muy justificadas.

Castilla-La Mancha, con 593000 ha de viñedo, es la región que tiene la mayor superficie dedicada del mundo, representando el 8% de la superficie vitícola mundial, el 11,4% de la de Europa y el 50% del viñedo nacional. Además de la manifiesta importancia socioeconómica, el viñedo castellano-manchego juega un papel ecológico de sumo interés dentro del concepto y fundamentos de la agricultura sostenible. Esta biomasa transpirante contribuye a mantener un ecosistema agrícola importante generado en condiciones limitantes, con un papel acusado en ralentizar el proceso de desertificación (de Juan *et al.*, 1998).

Doorenbos y Kassam (1986) consideran que las necesidades estacionales de agua de la vid varían entre 660 y 1200 mm, dependiendo fundamentalmente del clima y de la duración de la estación de crecimiento y desarrollo. Williams y Matthews (1990) refieren consumos estacionales máximos que oscilan entre 660 y 800 mm, en zonas donde la  $E_{To}$  varió entre 1128 y 1231 mm. Alexandrescu *et al.* (1966) obtienen tasas máximas de evapotranspiración de  $5,9 \text{ mmdía}^{-1}$ , mientras los valores dados por Hicks (1973) oscilaron entre  $2 \text{ mmdía}^{-1}$  (prefloración) hasta  $4 \text{ mmdía}^{-1}$  (postenvero).

El conocimiento de las relaciones hídricas de la vid no sólo es necesario para paliar el déficit hídrico a través de la programación del riego, sino también para un adecuado manejo del viñedo cultivado en secano. Sin embargo, bajo estos últimos sistemas de producción agrícola los estudios relacionados con el consumo de agua son mucho menos numerosos, al menos, en España. El largo periodo de extrema sequía padecido a principios de los años 90 en Castilla-La Mancha impulsó un elevado número de estudios multidisciplinarios desarrollados dentro del Proyecto EFEDA ("ECHIVAL Field Experiment in a Desertification-threatened Area") (Bolle *et al.*, 1993), integrado en "The European Programme on Climate and Natural Hazards (EPOCH)", y financiado por "The Commission of the European Communities (CEC)". Por medio del Proyecto EFEDA, se ha podido conocer, mediante la utilización de métodos micrometeorológicos, que la evapotranspiración del viñedo durante los meses de junio y julio en regiones semiáridas puede llegar a ser de  $1 \text{ mmdía}^{-1}$  ( $6 \text{ lcepa}^{-1}$ ), en un porcentaje superior al 95% debido al proceso de transpiración de las plantas (Oliver y Sene, 1992; Sene, 1994). Estos investigadores estimaron un consumo estacional de la vid cultivada en secano de 150 mm.

El trabajo que se presenta aquí se desarrolló dentro del Programa EFEDA, y tuvo como objetivo el llegar a conocer la alimentación hídrica de la vid y poder cuantificar la contribución del perfil del suelo al proceso de evapotranspiración, en regiones que, como Castilla-La Mancha, se caracterizan por la existencia de déficits hídricos muy acusados en los meses de junio, julio y agosto, debido principalmente a que las precipitaciones son escasas o irregulares, de 300 a 400 mm anuales, con veranos largos, secos, muy calurosos y, en consecuencia, de alta demanda evaporativa por parte de la atmósfera.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La realización del estudio tuvo lugar en Tomelloso (Ciudad Real) (39° 9' 30'' N, 3° 1' 30'' W, 620 m s.n.m.), zona muy representativa del viñedo manchego, en un viñedo experimental localizado en los Campos de ensayo del Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha, dependiente de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. La campaña de toma de datos duró desde el día 2 de agosto de 1994 hasta el 21 de septiembre de 1995.

Según la clasificación agroclimática de Papadakis (Papadakis, 1961), el clima local de Tomelloso se define como Mediterráneo Templado (Me, Te), con un régimen térmico Templado Cálido (TE) y un régimen de humedad Mediterráneo Seco (Me).

El suelo del campo de ensayo ha sido clasificado dentro del orden Inceptisoles, del suborden Xerochrepts y del Grupo Calcixerollico-Petrocálcico (USDA, 1975). La característica principal del perfil del suelo es la presencia de un horizonte petrocálcico  $B_{km}$  situado a 50 cm de profundidad desde la superficie del terreno, de 60 cm de espesor, y sobre un horizonte R de margas más o menos cementadas y duras (111-175 cm). Esta costra caliza es extremadamente dura y encierra fragmentos de elementos gruesos, también de naturaleza caliza; en ella, la zona superior ( $B_{km1}$ ) se encuentra muy fragmentada, mientras que la parte inferior ( $B_{km2}$ ) ofrece una gran continuidad. Las texturas de los horizontes superiores, por encima de la costra caliza, son franco-arenosa ( $A_{p1}$ , 0-12 cm) y franca ( $A_{p2}$ , 13-25 cm;  $B_k$ , 26-50 cm). La curva característica de humedad del suelo, para cada uno de los horizontes del perfil, se ha obtenido mediante una membrana de presión Richards (Richards, 1949). Se ha calculado el agua útil como diferencia entre el contenido de humedad a capacidad de campo (0,1 bar) y en el punto de marchitez (15 bar), siendo sus valores en los tres primeros horizontes de  $0,058 \text{ g cm}^{-3}$  ( $A_{p1}$ ),  $0,073 \text{ g cm}^{-3}$  ( $A_{p2}$ ) y  $0,081 \text{ g cm}^{-3}$  ( $B_k$ ).

El experimento se realizó en una parcela plantada en 1980 de vides (*Vitis vinifera* L., cv Cencibel) injertadas sobre "41-B Millardet", al marco de 2,5 x 2,8 m, conducidas en vaso. La otra parcela experimental objeto de estudio estaba en barbecho blanco. En ambas parcelas, las labores y operaciones culturales fueron las propias de estos dos sistemas de aprovechamiento del suelo en los secanos de Tomelloso.

En estudios realizados simultáneamente en el mismo campo de ensayo (Montero *et al.*, 1998), se ha podido comprobar que el mayor desarrollo del sistema radicular se produce en el horizonte  $B_k$ , con valores de densidad radicular del orden de  $0,2 \text{ cm cm}^{-3}$ , cifras que se obtuvieron tanto en las inmediaciones de la cepa como a distancias de hasta 120 cm de su tronco. Se observó, además, un importante desarrollo radicular que, en muchos casos, coincidió con las zonas deprimidas del horizonte petrocálcico fragmentado ( $B_{km1}$ ), donde puede acumularse agua. La Figura nº 1 representa la distribución espacial del sistema radicular de la vid en la parcela de ensayo.

En las parcelas de estudio, se instalaron ocho tubos de acceso de duraluminio comercial con diámetro interior 40 mm y diámetro externo 44,45 mm. Los tres tubos de la parcela barbechada se situaron en los hipotéticos vértices de un triángulo isósceles de 20 m de lado, todos ellos con una longitud de 560 cm. En el viñedo, se colocaron cinco tubos de acceso, tres de ellos en las proximidades de la cepa (dos de 560 cm de longitud y el tercero de 1000 cm) y los otros dos restantes, de 560 y 1000 cm, en la mitad del espacio interlíneas, en dos calles. Se utilizó una sonda de neutrones modelo 501 (Campbell Pacific Nuclear Corp., South Pacheco, CA, USA).

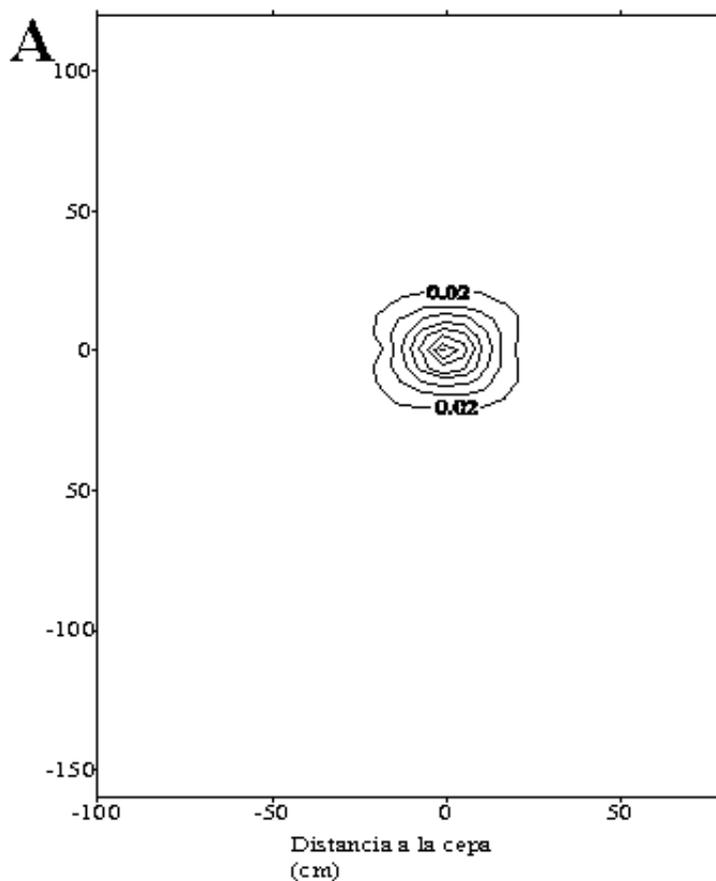
Las medidas se efectuaron a intervalos de 10 cm para los primeros 40 cm de profundidad, cada 20 cm, desde 41 a 200 cm, a intervalos de 30 cm para las profundidades comprendidas entre 201 y 320 cm, y cada 40 cm para el resto de profundidades de los tubos de acceso. Se realizaron mediciones de humedad del suelo, tanto en viñedo como en el barbecho, cada dos semanas; se efectuaron 30

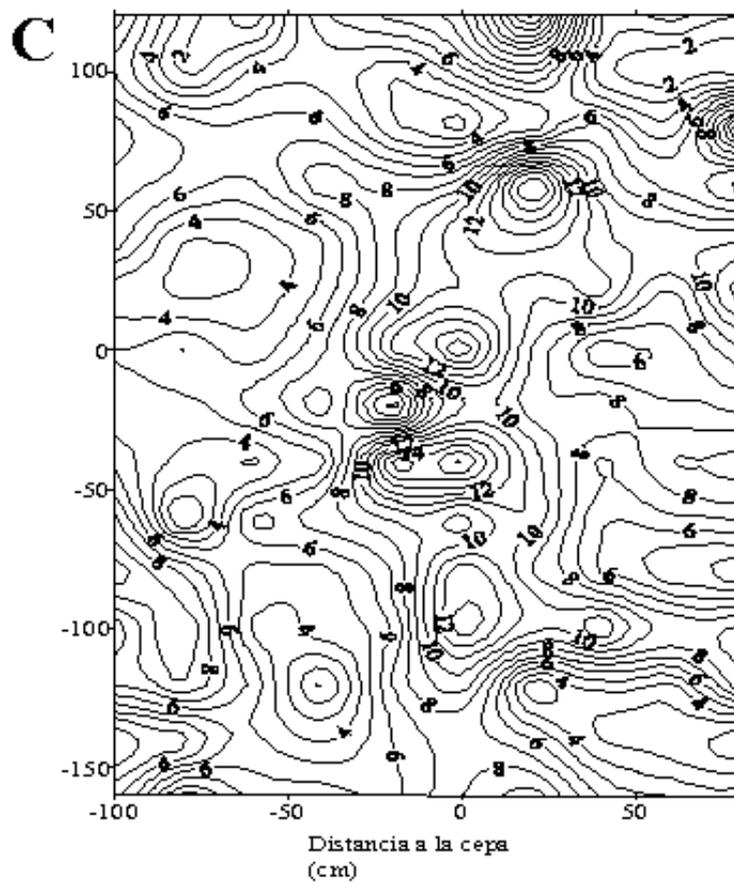
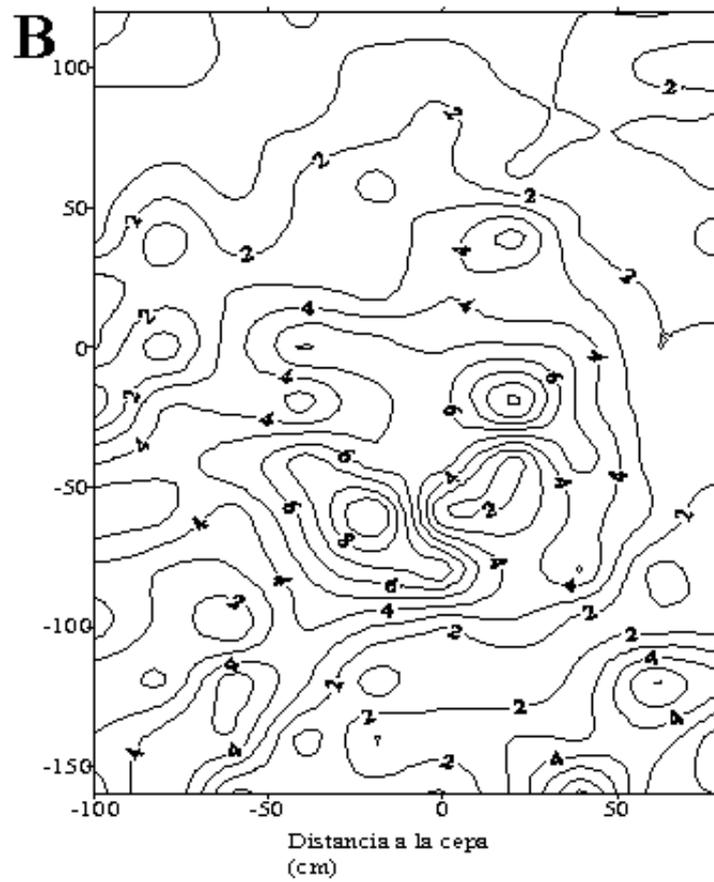
mediciones a lo largo del período experimental.

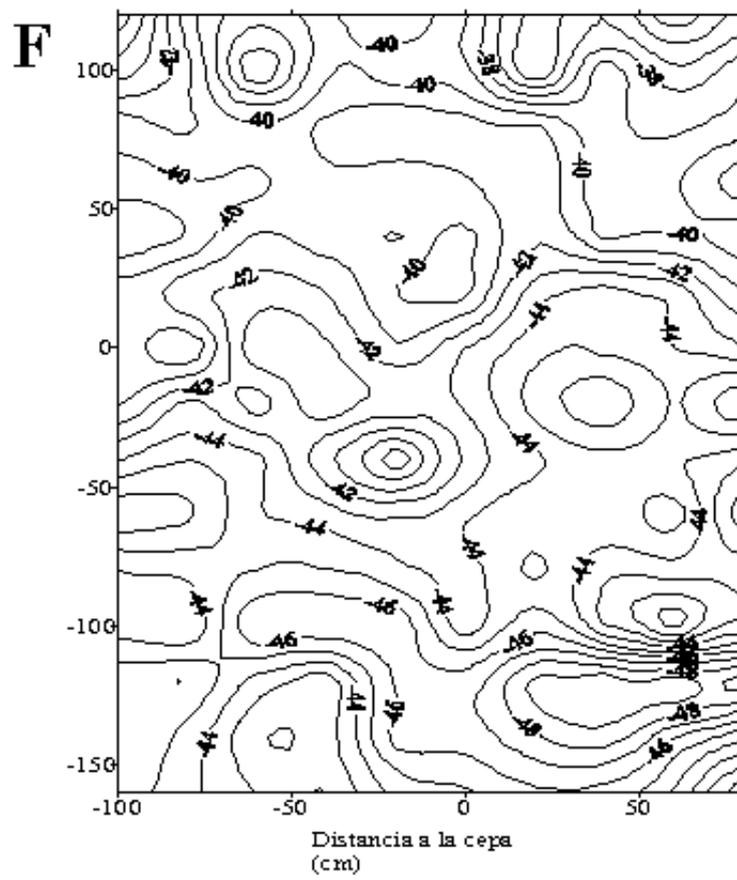
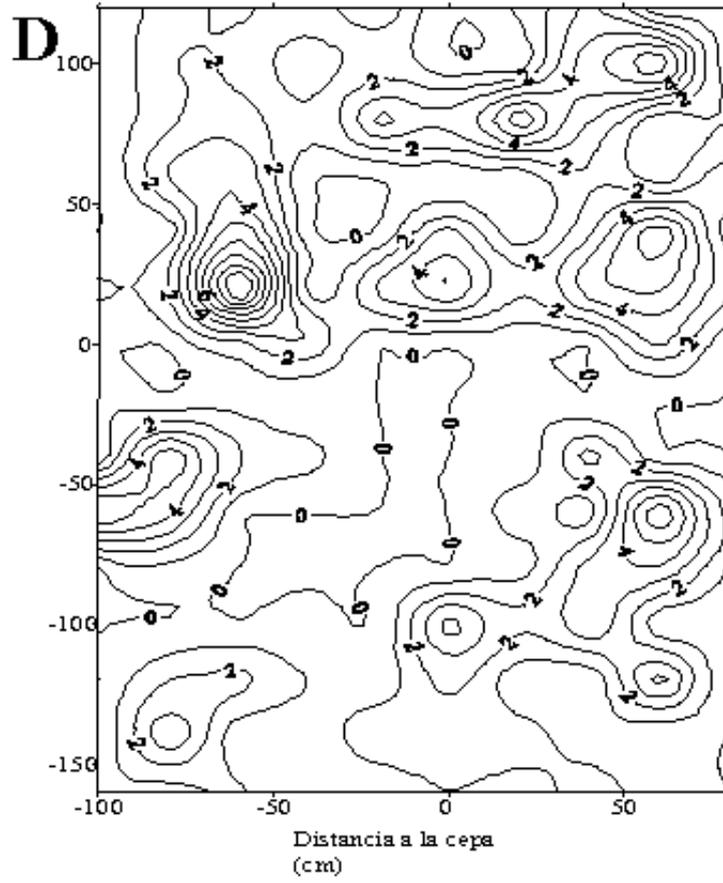
En cada profundidad, a la que se ha situado el emisor de la sonda de neutrones, se realizaron tres conteos de 32 segundos. Este tiempo de conteo y el de la lectura estándar se eligieron con el fin de que el error aleatorio de conteo, expresado en términos de contenido volumétrico de agua ( $m^3 m^{-3}$ ), sea inferior al 5 por mil para una probabilidad del 95% (Bell, 1987).

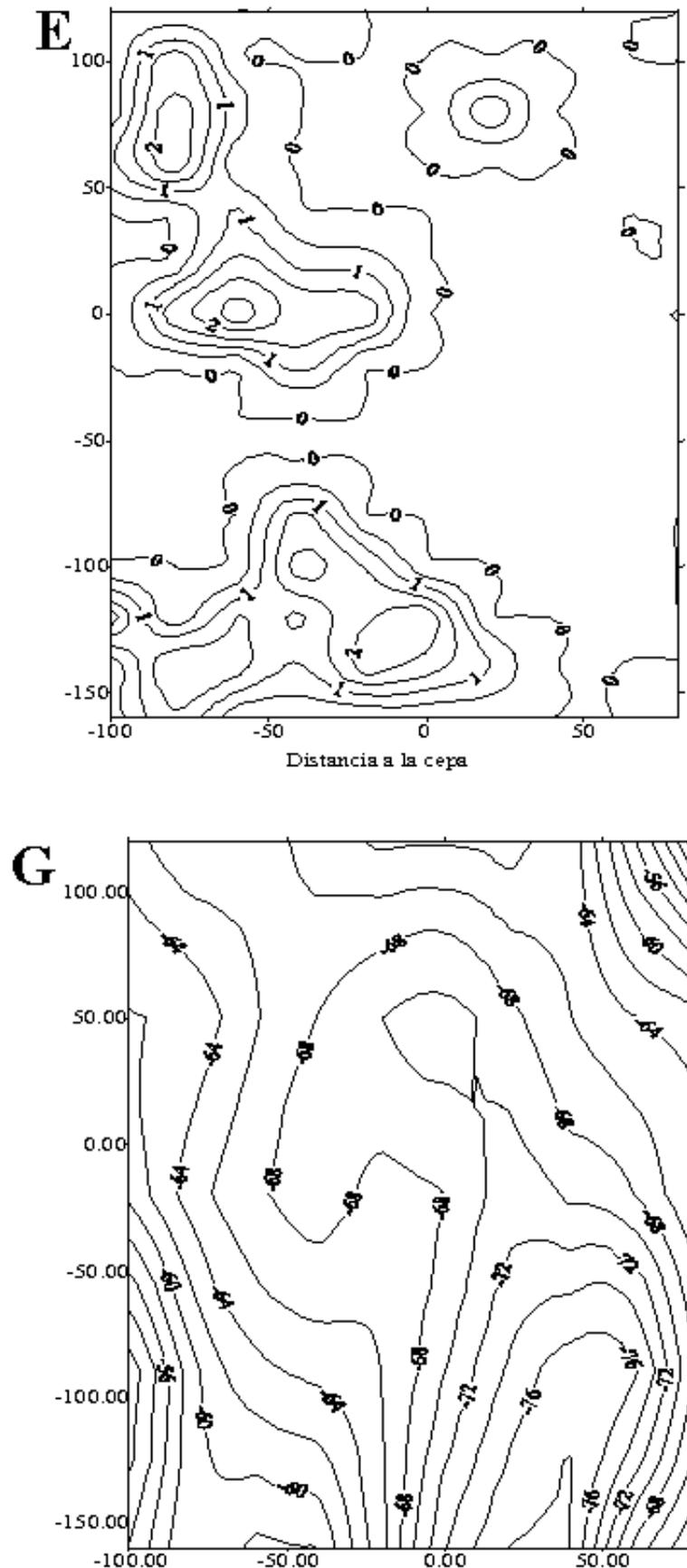
La sonda de neutrones se calibró en el Centre d'Études Nucleaires de Cadarache (C.E.N.- Cadarache, France), siguiendo los métodos descritos por Couchat *et al.* (1975), para cada profundidad de lectura. Para tal fin, se utilizaron muestras desecadas a 105°C hasta peso constante, obtenidas en una profunda calicata abierta en el viñedo experimental.

Se integraron en el tiempo los cambios de humedad del suelo medidos mediante la sonda de neutrones hasta la profundidad efectiva de extracción por las raíces. Dicha profundidad efectiva se fijó, basándose en el ya citado trabajo realizado para estudiar la variación espacial del sistema radicular de la vid en la misma parcela experimental de secano (Montero *et al.*, 1999), en los primeros 50 cm. De igual manera, para una mejor presentación y análisis de los resultados, se han agrupado el resto de profundidades de medida en cuatro grupos: 51-130 cm, 131-245 cm, 246-580 cm y 580-920 cm.









**Figura 1.** Representación de la distribución espacial de la densidad radicular ( $10^{-2} \text{ cm cm}^{-3}$ ) y de la superficie del horizonte petrocálcico (cm). A: Horizonte  $A_{p1}$ ; B: Horizonte  $A_{p2}$ ; C: Horizonte  $B_k$ ; D: Horizonte  $B_{k1}$ ; E: Horizonte  $B_{k2}$ ; F: Superficie horizonte petrocálcico fragmentado; G: Superficie horizonte petrocálcico sin fragmentar;

El aspecto tridimensional del flujo de agua en el sistema suelo-cepa-atmósfera, hace imprescindible determinar las áreas y volúmenes de suelo sobre las que el agua fluye o se almacena, siendo habitual referir el balance de agua a una superficie de referencia, que es el marco de plantación, y a una

profundidad efectiva de extracción de agua por parte del sistema radicular de la vid, que, en este estudio, se ha fijado en 0,5 m.

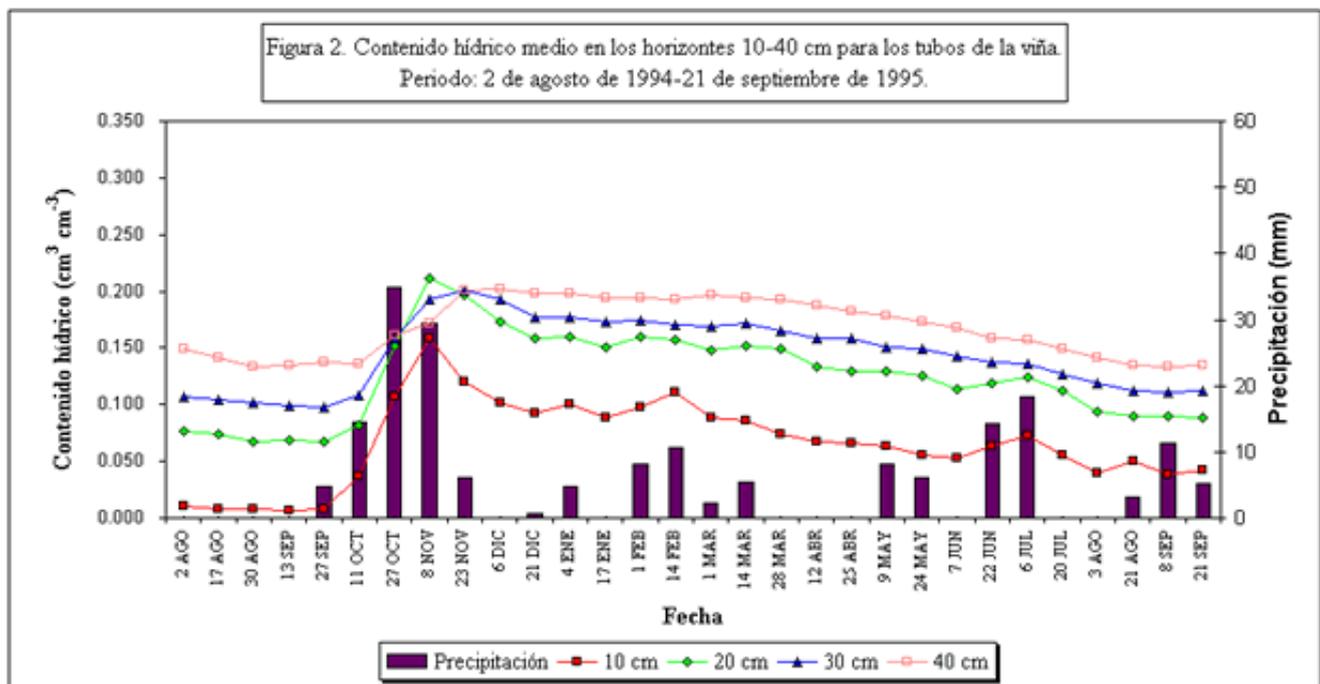
Los datos climáticos utilizados en este estudio proceden de una estación meteorológica permanente ("Anchor Station") situada a 350 m de la parcela experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido hídrico en el viñedo

Los contenidos de agua que se han obtenido para los distintos horizontes de los perfiles de la viña y el barbecho se presentan en las Figuras nº 2 a 7. Se distinguen (tanto en el viñedo como en el barbecho) grandes variaciones en los horizontes más superficiales, que a medida que se desciende en el perfil, apenas se aprecian y dan lugar a representaciones gráficas casi lineales.

En el caso del viñedo (Fig. 2), cabe destacar el bajo valor inicial de contenido hídrico a 10 cm de profundidad, que con las importantes lluvias de finales de octubre alcanza su máximo  $0,158 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , para rápidamente descender y seguir una tendencia más uniforme. Como resulta obvio, las fluctuaciones en este horizonte son mucho mayores que en el resto, ya que a través de él se producen todos los intercambios hídricos con la atmósfera (lluvia y evaporación).

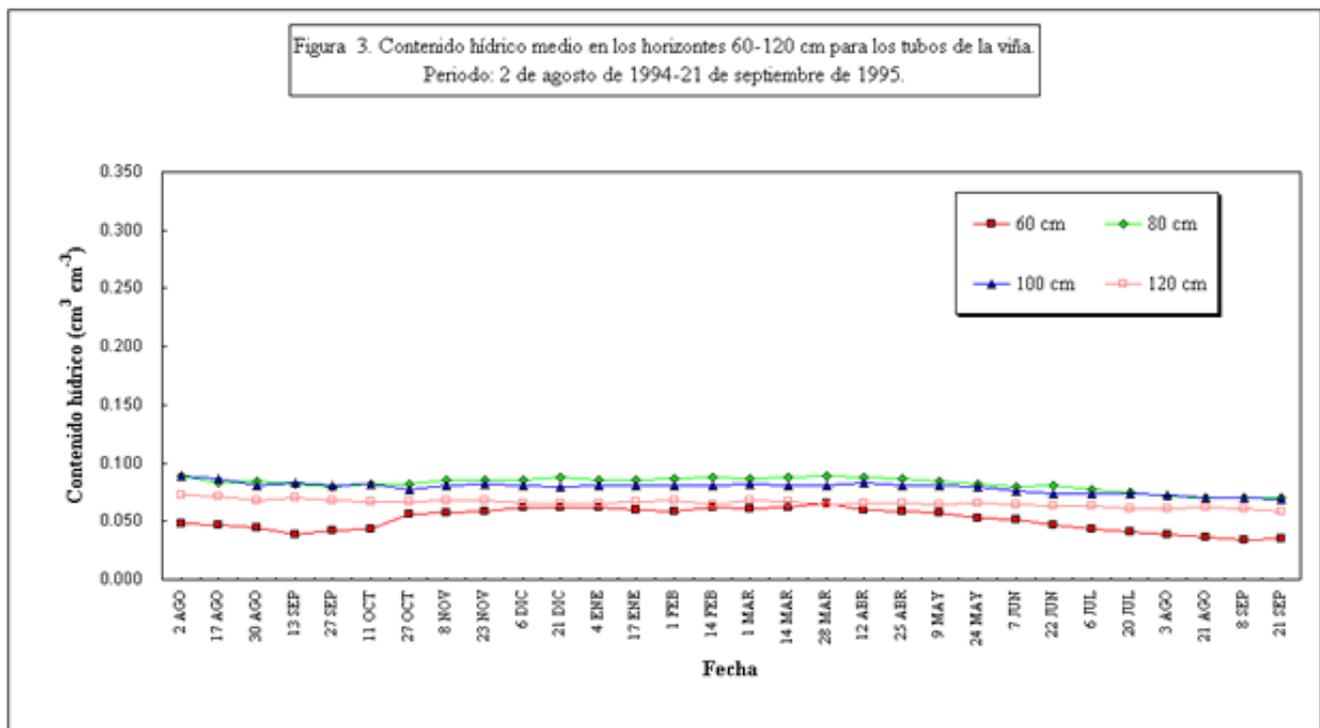


A 20 cm de profundidad, la evolución es muy similar, aunque con unas oscilaciones más suavizadas. Conforme se examinan sucesivos horizontes, las variaciones quedan amortiguadas por la menor influencia de los agentes externos, si bien es destacable un importante descenso de los valores de humedad en el suelo en los horizontes a 30 y 40 cm, hacia la primavera de 1995, que podría tener su explicación por la absorción de agua a través del sistema radicular de la vid, por ser en ese intervalo de suelo donde se manifiesta la mayor concentración de raíces (Montero *et al.*, 1998).

Los niveles de humedad medios en los primeros horizontes son progresivamente más altos conforme se profundiza en el terreno, hasta llegar a los 60 cm (Fig. 3), donde se produce un brusco descenso del contenido hídrico a lo largo del periodo de estudio, que se mantiene en unos márgenes muy estrechos y bajos (aproximadamente  $0,075 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) en horizontes por debajo del mismo. Este marcado descenso tiene lugar en las inmediaciones de la costra, donde es presumible que se verifique un menor

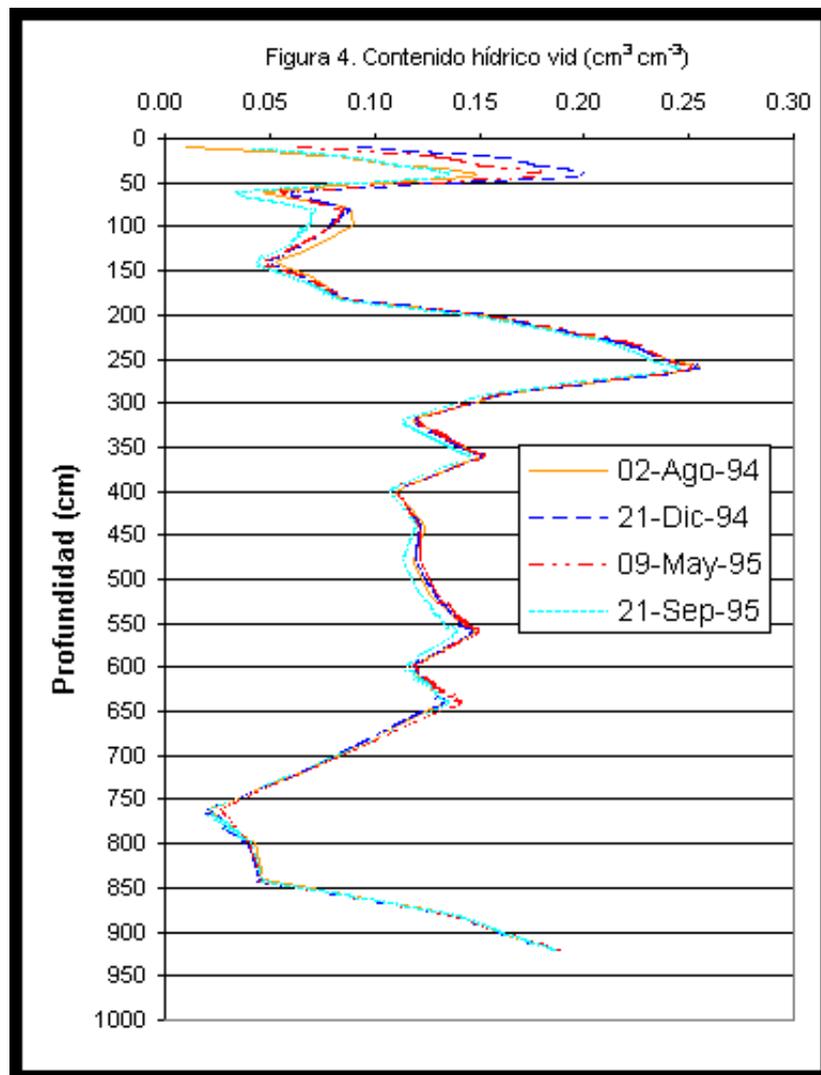
contenido hídrico a causa de la elevada compactación de ese tramo del perfil, además de su alto contenido en elementos gruesos calizos. A 60 cm (Fig. 3) se aprecia una mayor influencia de las lluvias, es posible que el agua se acumule en grietas de la costra, a partir de las cuales habría flujos de agua. Entre 80 y 120 cm las variaciones son insignificantes.

Entre los 140 y 180 cm aparecen valores similares a los de la costra. A partir de los 200 cm se detecta un mayor contenido hídrico, la elevada proporción de arcillas de éste y presumiblemente de los horizontes adyacentes puede generar una mayor retención de agua. Esta situación alcanza un máximo a 260 cm de la superficie, para después descender el nivel de humedad en casi un 40%. La uniformidad de las evoluciones de los contenidos de agua es la nota predominante en los horizontes situados entre los 140 y 360 cm.



Entre los 400 y 520 cm las curvas que representan su contenido hídrico se encuentran casi solapadas y apenas hay variaciones, los valores de contenido hídrico alcanzan  $0,1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . A medida que se profundiza en el perfil se observa un descenso del contenido de agua en los horizontes situados entre los 560 y 720 cm. Para el último tramo del perfil, se advierten valores extremadamente bajos en los horizontes situados entre los 760 y 840 cm, cuyos valores se mueven entre los  $0,02$  y los  $0,05 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , mientras que a 920 cm el contenido hídrico medio es de  $0,18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

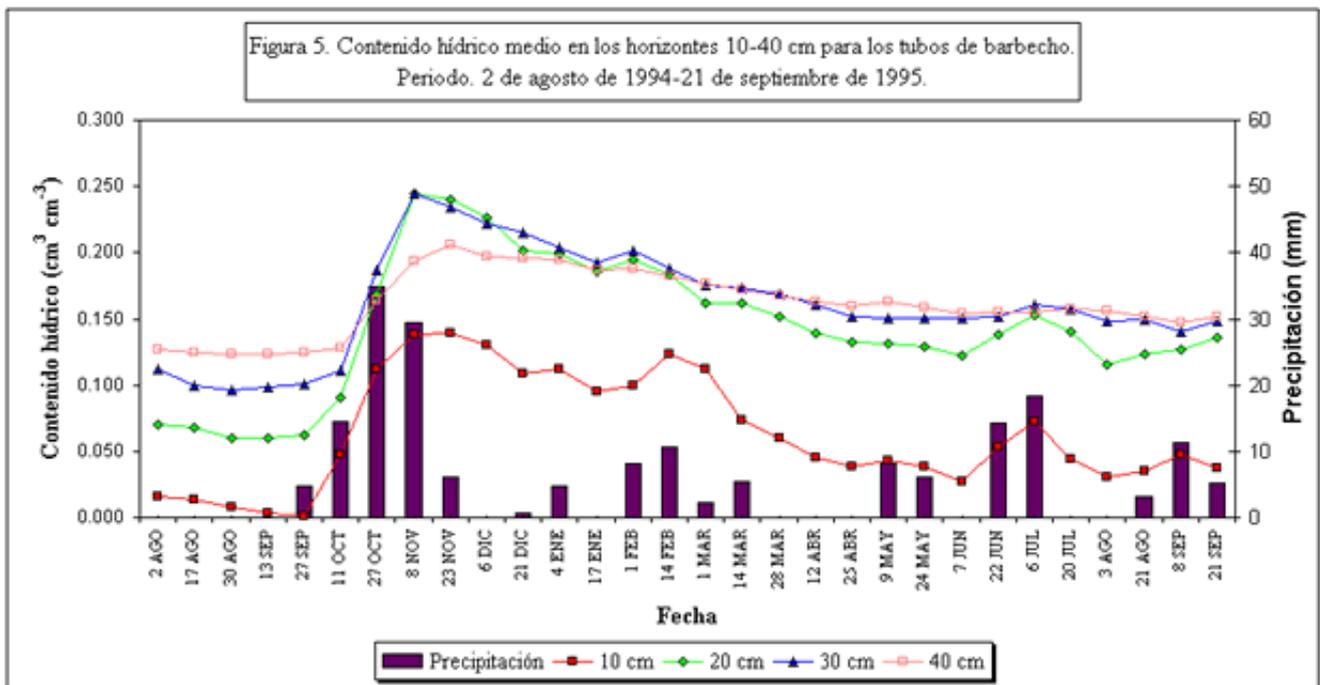
En la Figura nº 4 se muestra otra forma de representación del contenido de agua en el perfil de la parcela de viñedo. Para visualizar mejor lo sucedido en el periodo de estudio se presentan cuatro fechas de medida: la primera, la última y dos intermedias que contribuyen a apreciar la evolución del contenido de agua del perfil a lo largo del tiempo.



### Contenido hídrico en el barbecho

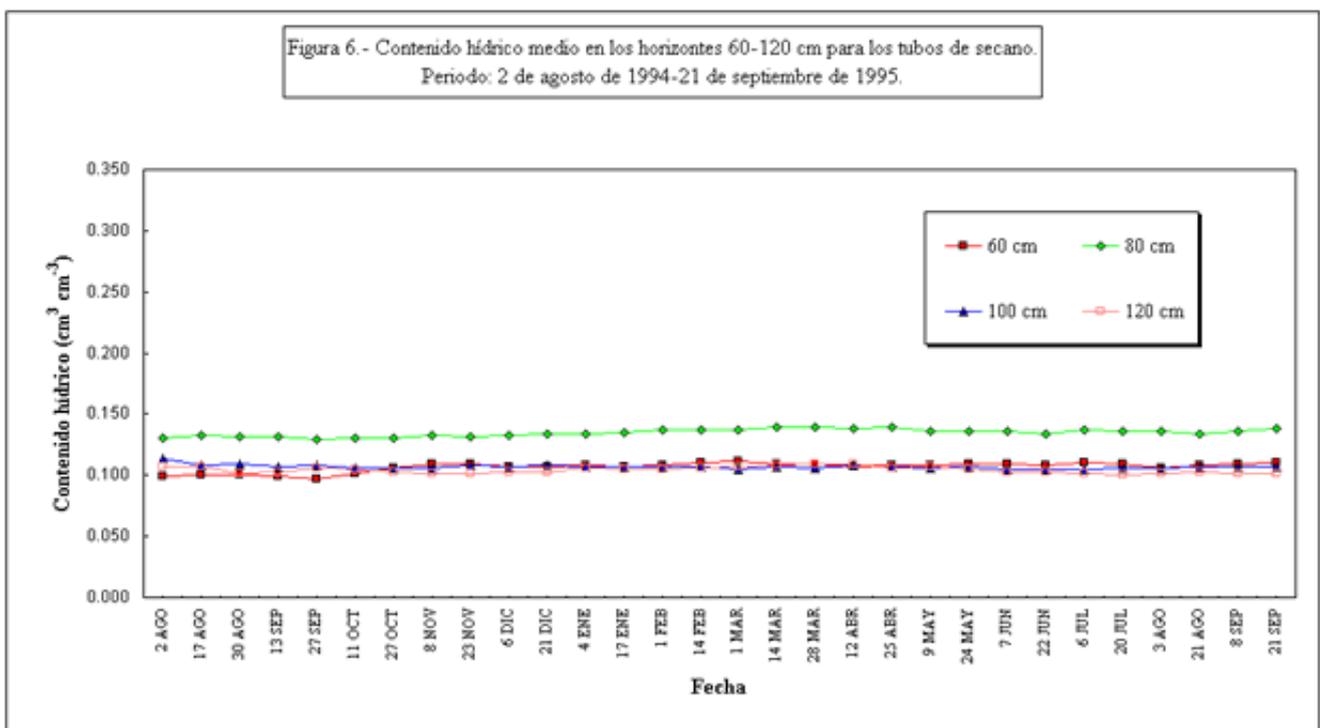
En el caso de la parcela de barbecho (Fig. 5), los valores iniciales de contenido de agua para los cuatro horizontes más superficiales son similares a los que se han presentado en la Figura nº 2, del viñado; entre ellos, destaca el ínfimo valor que se presenta a 10 cm a finales de septiembre y que constituye la cifra más baja de todo el estudio ( $0,002 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

Las lluvias más importantes caídas en el periodo de medidas tuvieron lugar entre octubre y noviembre y, a diferencia de lo que ocurría con la parcela de vid en la que los máximos contenidos hídricos se encontraban a 20 cm el 8 de noviembre, para el barbecho se presentan unos máximos a 20 y 30 cm en esa misma fecha, esta circunstancia refleja una mayor infiltración en el secano.



A diferencia del descenso que a mediados de marzo ocurre a 30 y 40 cm en la plantación de vid, en el secano estas curvas tienden a mantenerse más uniformes. Esta circunstancia podría corroborar aún más la hipótesis ya mencionada de un aumento del consumo hídrico por parte de la planta a esas profundidades (donde mayor es la densidad radicular), dada la ausencia de cultivos en el barbecho.

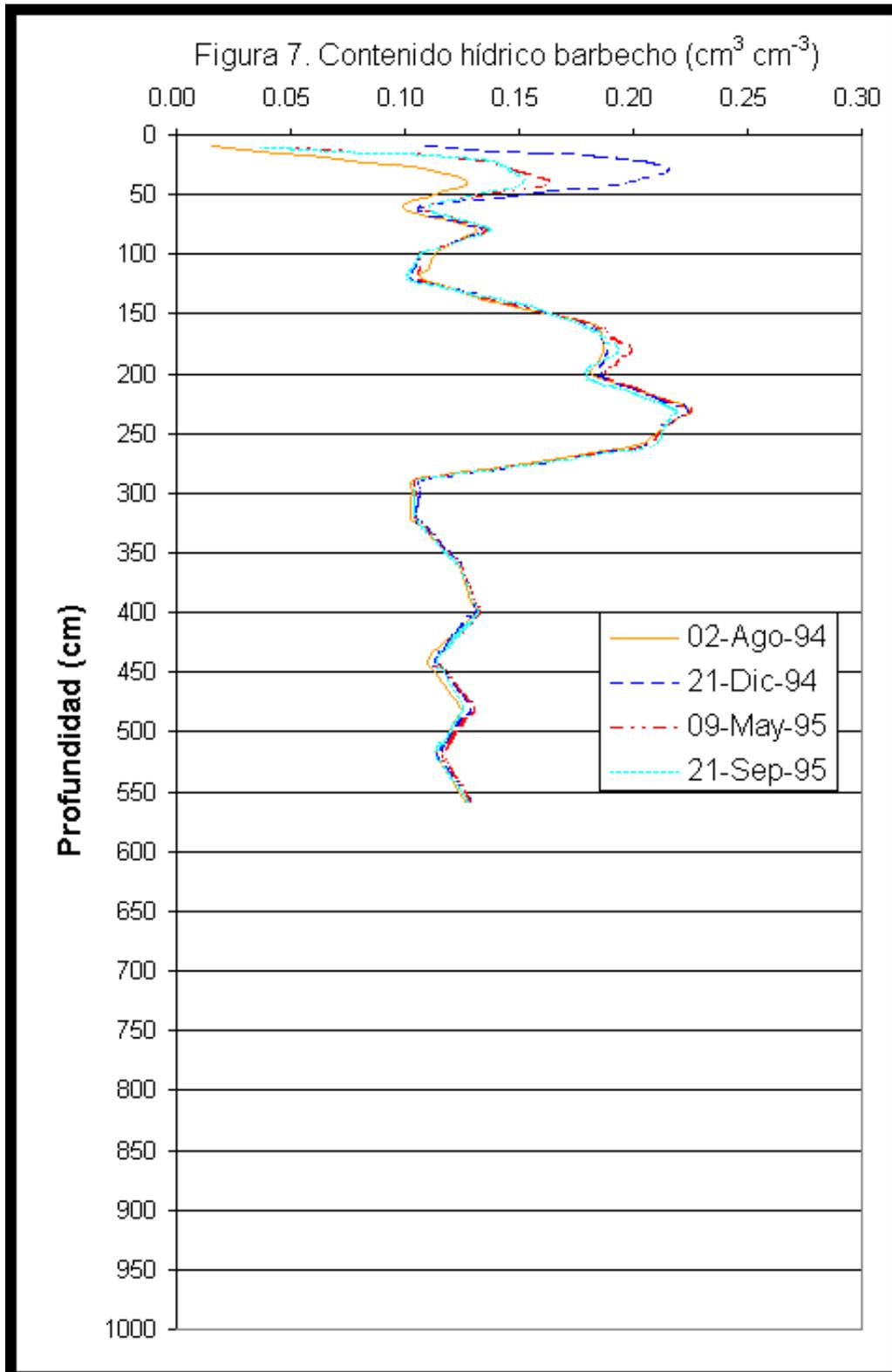
En la Figura nº 6 (60-120) se observan ligeras variaciones, siendo los contenidos hídricos superiores a los que reflejaba la superficie de vid, oscilando entre 0,1 y 0,14 cm³ cm⁻³.



Apenas se pueden destacar cambios en los horizontes siguientes con respecto a lo mencionado en la parcela de viña, pero se intuye que la costra es de menor espesor que en el viñedo dado que los contenidos hídricos entre 140 y 180 cm son superiores. Por debajo de la costra (200 cm) los niveles de

agua en el suelo son sensiblemente inferiores a los del viñedo. Los contenidos hídricos de los últimos horizontes de la parcela de barbecho son muy similares a los equivalentes de la parcela de viña, moviéndose los datos en el rango entre  $0,1$  y  $0,15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

El perfil hídrico obtenido para la parcela de barbecho (Fig. 7) muestra mayor homogeneidad que el del viñedo. A excepción del horizonte a 10 cm de profundidad, en ningún nivel del perfil se desciende de  $0,1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , para las cuatro fechas que se representan.



Para el cálculo de la evapotranspiración real se ha manejado sólo el intervalo entre 0 y 50 cm de profundidad, que se asume como principal partícipe en los procesos que se refieren al intercambio hídrico entre el suelo y la atmósfera. En el resto del perfil, los cambios se interpretan como procesos de carga y descarga de agua entre horizontes situados a igual profundidad o contiguos.

En el caso de la parcela de vid, destacan los valores de ET real obtenidos en primavera, donde la ausencia de lluvias provoca un mayor peso del término transpiración de las cepas, ya que un alto porcentaje de la variación producida tiene lugar en la zona radicular del viñedo (30-40 cm). La ET real se cifra en estas fechas en torno a 0,2 mm diarios. Las lluvias de finales de abril y mayo no cubren las necesidades del cultivo, por lo que no impiden que las variaciones hídricas en el suelo sean de signo negativo. Tras un nuevo periodo de ausencia de precipitaciones, se presentan en junio los valores de evapotranspiración real más altos de todo el estudio, con cifras entre 0,9-1,2 mm día<sup>-1</sup>. La suma acumulada de ET real en la parcela de vid es de 192,4 mm (en el periodo 2 de agosto de 1994 a 21 de septiembre de 1995).

En el barbecho, el valor máximo de evaporación real se produce a finales de junio, alcanzando 0,919 mm día<sup>-1</sup>. La parcela de barbecho completa el periodo de estudio con una evaporación real acumulada de 179,6 mm.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexandrescu I., Babés S. y Metaxa G. 1966. *Resultate privind stabilirea regimului de irigații prin aspersiune la vite de vie, în podgoriile murfatlar și Yirnave*. Lucr. Stiint. Inst. Cercet. Horivitic. 9: 693-710.
- Bell J.P. 1987. *Neutron Probe Practice*. Report nº 19, Third Edition. Institute of Hydrology, Wallingford, UK.
- Bolle *et al.* 1993. *EFEDA: European Field Experiment in a Desertification-threatened Area*. Ann. Geophysicae 11: 173-189.
- Couchat P., Carré C., Marcesse J. y Le Ho J. 1975. *The measurement of thermal neutron constants of the soil: Application to the calibration of neutron moisture gauges and to the phenological study of the soil*. Proc. Conf. Nuclear Data Cross Sections on Technology, Washington D.C., WA, USA, March.
- de Juan J.A., López H., Montero F.J y Sajardo E. 1998. *Los efectos del estrés hídrico en las plantas de vid*. En: F.J. Montero y A. Brasa (coords.), *El Viñedo en Castilla-La Mancha Ante el Siglo XXI*. Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, España.
- Doorenbos J. y Kassam A.H. 1986. *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Estudio FAO, Riego y Drenaje 33, FAO, Roma, Italia.
- Hicks B.B. 1973. *Eddy fluxes over a vineyard*. Agric. Meteorol. 12:203-215.
- Montero F.J., de Juan J.A., Honrubia F.T. y Sajardo E. 1998. *Distribución espacial del sistema radicular de la vid (Vitis vinifera L. cv. airén) cultivada bajo condiciones semiáridas*. 4º Simpósio de Viticultura do Alentejo, 20-22 Mayo 1998, Evora, Portugal.
- Montero F.J., de Juan J.A., Honrubia F.T. y Sajardo E. 1999. *Variabilidad espacial de la densidad radicular de la vid (Vitis vinifera L. cv. airén) bajo condiciones semiáridas*. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, 20-23 Abril 1999, Murcia, España.
- Oliver H.R. y Sene K.J. 1992. *Energy and water balances of developing vines*. Agric. For. Meteorol. 61:167-185.

- Papadakis J. 1961. *Climates of the World*. Buenos Aires.
- Richards L.A. 1949. *Methods of measuring soil moisture tension* . Soil Sci. 68: 95-112.
- Sene K.J. 1994. *Parameterisations for energy transfers from a sparse vine crop*. Agric. For. Meteorol. 71:1-18.
- USDA. 1975. *Soil Taxonomy*. U.S. Soil Survey Staff. Soil Conservation Service, Washington D.C., WA, USA.
- Williams L.E. y Matthews M.A. 1990. *Grapevine*. In: B.A. Stewart y D.C. Nielsen (eds), *Irrigation of Agricultural Crops*. Agron. Monog. n° 30. ASA, Madison, WI, USA.