

# Influencia de distintos sistemas de manejo en el régimen hídrico de suelos arcillosos de campiña

En sistemas agrícolas de secano, el factor más limitante del rendimiento de los cultivos es el agua, especialmente en zonas áridas y semiáridas como el sur peninsular, cuya climatología, típicamente mediterránea, se caracteriza por periodos de lluvia con distribución estacional e irregular seguidos de periodos secos con temperaturas elevadas y altas tasas de evapotranspiración. En estas condiciones el uso de técnicas de Agricultura de Conservación permiten establecer un balance hídrico más favorable.

J.A. Jiménez; J.L. Muriel; K. Vanderlinden; F. Perea e I. García <sup>(1)</sup>



En sistemas agrícolas de secano, el factor más limitante del rendimiento de los cultivos es el agua, especialmente en zonas áridas y semiáridas como el sur peninsular, cuya climatología, típicamente mediterránea, se caracteriza por periodos de lluvia con distribución estacional e irregular seguidos de periodos secos con temperaturas elevadas y altas tasas de evapotranspiración (Perea *et al.*, 2006). Estas condiciones son poco favorables para el mantenimiento de un balance hídrico adecuado, especialmente en cultivos extensivos de secano, donde los episodios de lluvias constituyen la componente fundamental positiva de la ecuación de balance de agua del suelo. La disponibilidad y el aprovechamiento del agua por los cultivos condicionan su supervivencia y producción, sobre todo en el caso de cultivos de primavera-verano cuyo

éxito va a depender en gran medida de la capacidad del suelo para retener la mayor cantidad de agua posible en el perfil y ponerla a disposición de la planta.

En estas condiciones el uso de técnicas de agricultura de conservación permiten establecer un balance hídrico más favorable (Jiménez *et al.*, 2005). Estas técnicas conllevan la acumulación de residuos de cosecha en superficie y la no-alteración del suelo, consiguiéndose un aumento de la tasa de infiltración del agua de lluvia y una disminución de la radiación incidente, reduciéndose así la evaporación. En definitiva, se consigue mejorar la disponibilidad neta de agua para los cultivos (Gil, 2004).

La introducción de sensores electromagnéticos (Dean *et al.*, 1987) que miden la permitividad dieléctrica del suelo han aportado nuevas ventajas al estudio de las propiedades hidrológicas, como son la obtención de datos de humedad en continuo, de forma rápida y directa. Sin embargo, la esfera de influencia de estos sensores, que afecta a un reducido volumen de suelo, y las bajas frecuencias a las que trabajan estos equipos, los hacen sensibles a variaciones en las propiedades físico-químicas del suelo (densidad aparente, salinidad, temperatura, contenido en materia orgánica, etc...); siendo necesario realizar una calibración de los sensores con datos gravimétricos (Paltineanu y Starr, 1997).

En el presente trabajo se ha estudiado, con el uso de sondas FDR, (Frequency Domain Reflectometry) la dinámica del agua del suelo en diferentes tratamientos de manejo; laboreo convencional y siembra directa, en un cultivo de girasol (*Helianthus annuus*, L.) representativo del secano extensivo en Andalucía, con el objetivo de evaluar su efecto sobre el balance hídrico en parcela, cuantificando las pérdidas de agua por evapotranspiración, y la extracción de agua por el cultivo.

## Material y Métodos

El trabajo se ha realizado en la finca experimental Tomejil, situada en la campiña de Carmona, Sevilla (37° 24' 07" N y 5° 35' 10" O) a una altitud de 79 metros sobre el nivel del mar. Se trata de un suelo arcilloso, clasificado como Typic Haploxerert, con unos contenidos medios del 67% de arcilla, (la mayor parte expansible del grupo de las esmectitas), 23% de limo y 10% de arenas. En su perfil, no existen horizontes edáficos claramente apreciables ni por el color, ni por variación de textura, diferenciándose básicamente porque los macroagregados aumentan ostensiblemente de tamaño. Además, el material originario, margas del Mioceno, tiene análogo aspecto e inciertos límites con el horizonte Bw. Así estos suelos presentan un horizonte Ap de cultivo de unos 25 cm de profundidad, y subyacente un horizonte Bw que alcanza hasta los 65 cm. Tienen una alta capacidad de retención de agua, debido a su elevada porosidad, y al reducido tamaño de sus poros, que unido a su naturaleza plástica, condicionan una reducción de la velocidad de infiltración, manteniendo así, la humedad durante la época estival, lo que permite el cultivo de primavera y le confieren un alto potencial productivo.

El clima es Mediterráneo con precipitaciones medias anuales de 475 mm y con veranos largos y rigurosos, con máximas absolutas que pueden rebasar los 40°C.

Se estudió en la campaña agrícola 2003/04 la dinámica del agua del suelo en dos parcelas contiguas de 15x180 m sometidas a distintos sistemas de manejo del suelo. Se sembró girasol en ambas parcelas el 15 de abril de 2004 y se cosechó el 30 de agosto de 2004.

Los tratamientos de manejo del suelo fueron:

-Laboreo Convencional (LC) en el que se alzó la parcela con vertedera en agosto de 2003 y se le dieron sucesivos pases de vibrocultivador anterior a la siembra.

-Siembra Directa (SD) en la que el suelo no recibe labor alguna desde la recolección del cultivo hasta la siembra

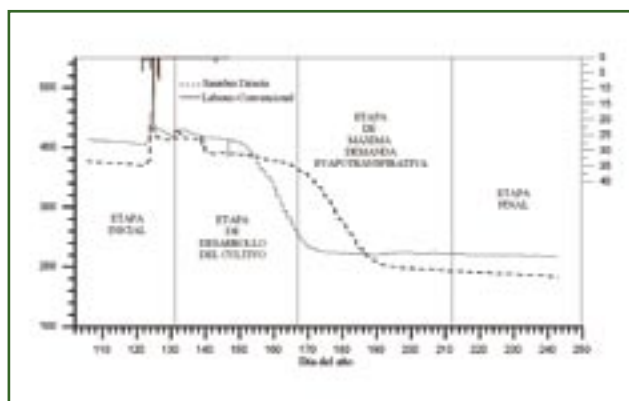
del siguiente. En diciembre de 2003 y marzo de 2004 se realizaron aplicaciones de herbicidas (glifosato + MCPA y glifosato respectivamente) para controlar adventicias.

El contenido de humedad del suelo se ha medido mediante la instalación in situ de sondas FDR tipo



Enviroscan, que albergan los sensores de capacitancia semiautomáticos que permiten efectuar un registro de la humedad del suelo en tiempo real, a profundidades específicas y con la ventaja añadida de que disturbaban al mínimo las condiciones naturales del suelo. Al tratarse de un suelo arcilloso y expansible, está sujeto a procesos de expansión y contracción por lo que la señal de las sondas se ve afectada por otros factores independientes del contenido de humedad. Estas circunstancias obligaron a la realización de calibraciones locales para una mayor exactitud de sus medidas (Muriel *et al.*, 2005). Para realizar la calibración de los sensores FDR se tomaron semanalmente tres muestras de suelo por profundidad (0-20, 20-40 y 40-60 cm) y parcela, cercana a los tubos de acceso de las sondas FDR (< 3 m).

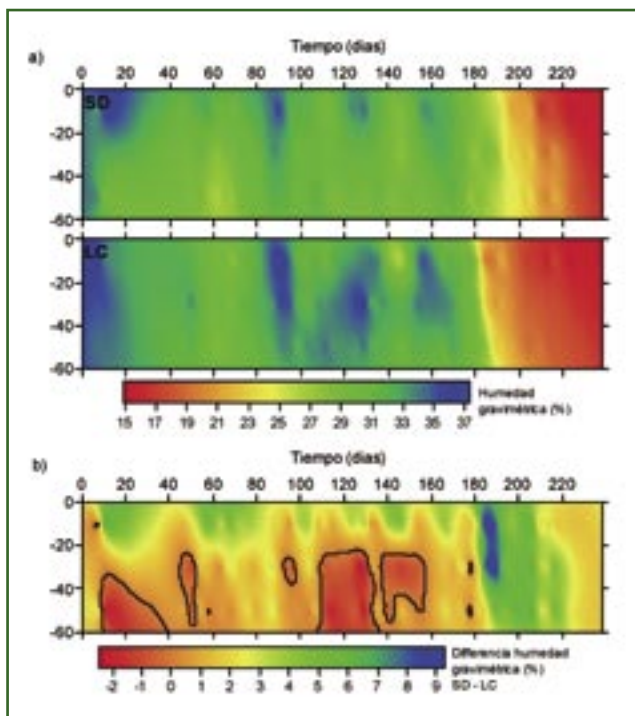
## Resultados y Discusión



**Figura 1.** Evolución de la humedad del perfil del suelo en SD y LC en las distintas etapas de cultivo de girasol (*Helianthus annuus*).

Usando registros continuos durante el ciclo del cultivo (**Fig. 1**) se representa la evolución del contenido de humedad del perfil del suelo en los tratamientos de SD y LC, a lo largo de las etapas de desarrollo del cultivo de girasol. Se distinguen tres periodos distintos de humectación del suelo: periodo húmedo (del día 106 al 148), periodo de descarga (del día 149 al 190) y periodo seco (del 191 al 250). El periodo húmedo se ha correspondido con la etapa inicial y la primera fase de desarrollo del cultivo. Durante esta fase no existieron diferencias significativas entre los contenidos de humedad del suelo de los distintos tratamientos (García *et al.*, 2005). A finales del mes de mayo (día 148), las altas temperaturas y las escasas precipitaciones, unidas a las altas tasas de evapotranspiración del cultivo, provocan que el suelo empiece a desecarse (periodo de descarga), el cultivo se encuentra en la fase de desarrollo, y se observa como la parcela manejada en laboreo convencional sufre una intensa desecación del suelo, mientras que en siembra

directa esta caída de humedad no se produce hasta la siguiente etapa, la de máxima evapotranspiración. En esta etapa, y en el tratamiento LC, el perfil del suelo está prácticamente agotado (125 mm menos que SD). Se observó además que los ritmos de descarga se producen con mayor antelación en los horizontes más superficiales, siendo mas acentuados en LC a todas las profundidades (Muriel *et al.*, 2005). Durante este periodo las diferencias de humedad entre tratamientos fueron significativas a niveles de probabilidad del 95-99%. La etapa final del cultivo, se corresponde con el periodo seco del suelo y los contenidos de humedad son similares en ambos tratamientos.



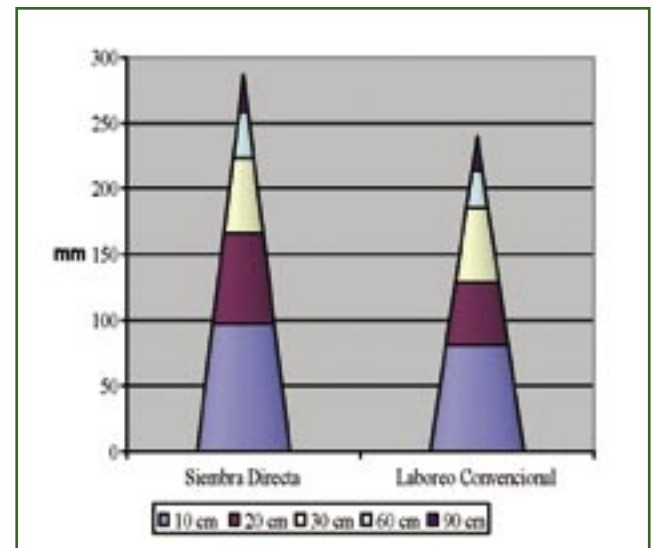
**Figura 2.** Evolución de la humedad gravimétrica en el perfil del suelo entre el 3 de diciembre 2003 y el 28 de julio 2004. (a) Interpolación de la humedad gravimétrica observada en siembra directa, SD, y en laboreo convencional, LC, usando datos de lecturas de los sensores FDR como información secundaria. (b) Diferencias de humedad gravimétrica entre SD y LC. Las iso-líneas indican dónde y cuándo existe un mayor contenido de humedad en LC.

En la **Figura 2a** se muestra la evolución de la humedad en el perfil del suelo durante el periodo de muestreo (entre el 12 de diciembre de 2003 y el 15 de julio de 2004). Se han interpolado los valores de humedad gravimétrica en profundidad y en el tiempo empleando técnicas geoestadísticas que permiten usar como información secundaria los datos de humedad de los sensores FDR (Vanderlinden *et al.*, 2006). En la **Figura 2b** se representa la diferencia entre la humedad gravimétrica en ambos tratamientos en el perfil del suelo, observándose mayor capacidad de



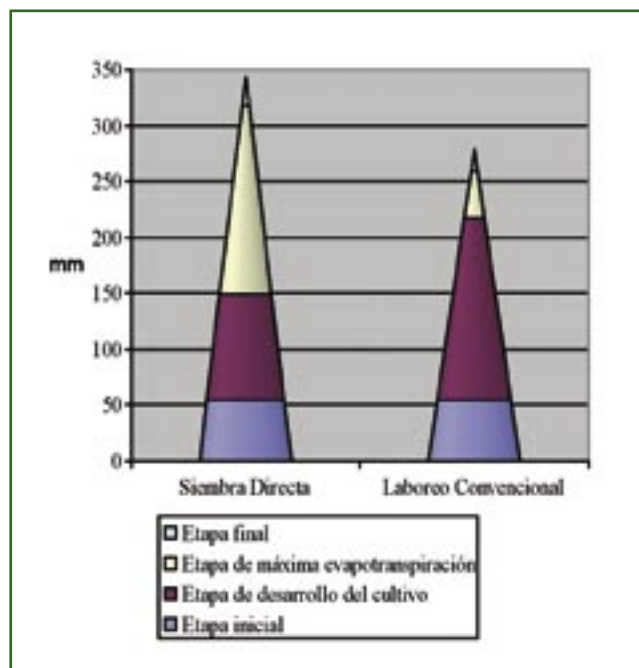
retención y conservación del agua en SD que en LC y sobre todo en los horizontes más superficiales. Es así mismo apreciable, el efecto de los pases de laboreo en los tratamientos LC que provocan mayor acumulación de humedad en los horizontes más profundos (diferencias inferiores a un 2,5%), durante el periodo húmedo y sólo posteriores a episodios de lluvia registrados.

La distribución en profundidad del volumen de agua aportada por el suelo, se vio también afectada por el sistema de manejo. Como se observa en la **Figura 3**, el tra-



**Figura 3.** Aporte de agua del perfil del suelo

tamiento de SD suministró al cultivo mayor cantidad de agua en la mayoría de las profundidades consideradas. Estas diferencias fueron más apreciables en los primeros 20 cm del perfil, donde la SD aportó 166 mm, frente a los 129 registrados en el tratamiento de LC.



**Figura 4.** Extracción de agua en las distintas profundidades distintas etapas del ciclo vegetativo

Cuantificando la extracción de agua en las distintas fases del ciclo vegetativo del cultivo (**Fig. 4**), se observa que durante la etapa inicial se registra un consumo por evapotranspiración similar en ambos tratamientos, entorno a los 50 mm. La máxima extracción en el tratamiento

de LC, 163 mm se produce durante la etapa de desarrollo, mientras que en SD se desplaza al siguiente periodo, de máxima demanda evapotranspirativa, con valores de extracción de 170 mm, frente a solo 50 mm en LC. El tratamiento SD compensó durante todo el ciclo de cultivo en un 52% (343 mm) la demanda hídrica exigida que fue de 661 mm (Allen *et al.*, 1998) frente a un 42% (278 mm) del LC.

## Conclusiones

Los distintos sistemas de manejo del suelo en agricultura convencional y de conservación influyen decisivamente en la distribución espacio-temporal de la humedad del suelo bajo las condiciones edafoclimáticas de este estudio.

Los tratamientos de siembra directa mantienen unas condiciones hídricas más favorables para el desarrollo de los cultivos:

- i) aumentan el agua disponible en las zonas de máxima influencia radicular
- ii) conservan durante mayor tiempo la reserva hídrica del perfil
- iii) permiten mayores tasas de evapotranspiración
- iiii) reducen los efectos negativos del déficit hídrico. ●

1. IFAPA, Centro Las Torres - Tomejil (Junta de Andalucía)  
41200 Alcalá del Río, Sevilla.  
e-mail: jantonio.jimenez.ext@juntadeandalucia.es

## Referencias

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper no 56. Roma. 300 pp.

Dean, T.J.; Bell, J.P.; Baty, A.J.B. 1987. Soil moisture measurement by an improved capacitance technique, Part I. Sensor design and performance. Journal Hydrology (Amsterdam) 93: 67-78.

García, I.; Jiménez, J.A.; Muriel, J.L.; Perea, F.; Vanderlinden, K. 2005. Evaluación de sondas de capacitancia para el seguimiento de la humedad de un suelo arcilloso bajo distintas condiciones y tipos de manejo. VII Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada del Suelo, pp 101-107.

Gil, R.C. 2004. La Siembra Directa y la conservación del suelo. II Jornada Iberoamericana de agricultura de conservación. Dos continentes unidos por el suelo. Albacete, pp:53-58.

Jiménez, J.A.; García, I.; Vanderlinden, K.; Perea, F.; Muriel, J.L. 2005. Balance de agua en

suelos arcillosos bajo laboreo convencional y siembra directa. Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación, pp 397-402.

Muriel, J.L.; Vanderlinden, K.; Perea, F.; García, I.; Jiménez, J.A. 2005. Dinámica del agua en suelos sometidos a distintos sistemas de laboreo. VI Simposio del agua en Andalucía. IGME. López-Geta, J. A., Rubio, J. C., Martín, M. (Eds.), pp 727-737.

Paltineanu, I.C. y Starr, J.L. 1997. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: Laboratory calibration. Soil Science Society of America Journal, 61:1576-1585.

Perea, F.; Jiménez, J.A.; García, I.; Vanderlinden, K.; Muriel, J.L. 2006. Caracterización hidroclimática en vertisolas de la Campiña de Carmona. Carel – Carmona Revista de Estudios Locales, 4: 1389-1407.

Vanderlinden, K.; Jiménez, J.A.; Muriel, J.L.; Perea, F.; García, I. 2006. Interpolation of soil moisture content aided by FDR sensor output. Geoenv 2006. 6<sup>th</sup> International Conference on Geostatistics for Environmental Applications. Rodas (Grecia).