

# Respuesta de un cultivo de melocotonero al riego deficitario controlado

**En una plantación de melocotón (*Prunus persica*, L.) se estudió la respuesta del cultivo a tres tratamientos distintos de riego deficitario controlado en postcosecha. Para ello, se midió el nivel de estrés a través del cálculo de la contracción máxima diaria del tronco. También, se midieron los contenidos de humedad del suelo en cada uno de los tratamientos, así como la variación espacio-temporal del agua en el medio a través de un conjunto de sensores de capacitancia localizados a diferentes profundidades. Finalmente se realizó un estudio del posible efecto del riego en la producción, calidad y conservación del fruto en postcosecha.**

**R. Romero<sup>1</sup>, I. García<sup>1</sup>, J.L. Muriel<sup>1</sup>, J. A. Jimenez<sup>1</sup>, C. Romero<sup>1</sup>, G. Martínez<sup>1</sup>, J. Pérez, M.A. Toledano<sup>2</sup>, V. Lafuente<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> IFAPA Centro Las Torres-Tomejil. IFAPA. C.I.C.E. Junta de Andalucía. Alcalá del Río. Sevilla.

<sup>2</sup> IFAPA Centro Palma del Río.

**E**n Andalucía occidental, una climatología caracterizada por una especial severidad durante el periodo estival, una alta demanda evapotranspirativa y la escasez e irregularidad de las precipitaciones durante todo el año, convierten al agua en el recurso productivo más limitante en los cultivos. Esto, unido a que el sector agrícola consume más del 80% de los recursos hídricos explotados, requiere de la introducción de nuevas técnicas de riego que permitan un ahorro cuantitativo del agua en la agricultura sin que la producción y calidad del fruto se vean especialmente afectadas, aumentando así su productividad.

Dentro de estas prácticas están las estrategias relacionadas con el riego deficitario, basadas en aportes limitados de agua de forma controlada, en función de los distintos periodos fenológicos del cultivo, de su estado fisiológico, o de los contenidos de humedad del suelo.

Entre las distintas técnicas que permiten conocer el estado fisiológico del cultivo están los denominados biosensores, entre los cuales destacan el uso de dendrómetros y los sensores de flujo de savia. La dendrometría se basa en la medición de la variación del diámetro del tronco a lo largo del día. Durante el día, la demanda atmosférica es superior a la capacidad del árbol de extraer el agua del suelo. Esto hace que el ritmo de transpiración sea superior al de absorción radicular, lo que induce a una pérdida del agua acumulada en los tejidos del árbol. Este déficit provoca una contracción del tronco del árbol que es detectada por el sensor. Contrariamente, durante la noche, la demanda evapotranspirativa decae, mientras que el ritmo de hidratación se mantiene. Como consecuencia de ello, el árbol recupera el agua perdida du-



Sensor de dendrometría.

La dendrometría se basa en la medición de la variación del diámetro del tronco a lo largo del día. Durante el día, la demanda atmosférica es superior a la capacidad del árbol de extraer el agua del suelo. Esto hace que el ritmo de transpiración sea superior al de absorción radicular, lo que induce a una pérdida del agua acumulada en los tejidos del árbol. Este déficit provoca una contracción del tronco del árbol que es detectada por el sensor



Foto 1. Dendrómetros y sonda de humedad modelo Envirosca.

durante el día, produciéndose una dilatación del tronco, que del mismo modo es detectada por parte del sensor. El rango de variación producido en estos procesos de dilatación-contracción son utilizados como indicadores del nivel de estrés soportado por el árbol.

Con respecto a los contenidos de humedad del suelo, existen numerosas técnicas de medición, destacando las basadas en la medida de la constante dieléctrica del medio, que está directamente relacionada con el contenido de humedad, como son los sensores TDR y FDR. El sistema FDR calcula la humedad de un suelo mediante una técnica de reflectometría de dominio de frecuencias conocida como capacitancia (Sentek Pty, 1999).

Este tipo de sistemas de medida ofrece la posibilidad de obtener un gran número de datos, de forma continuada, y sin disturbar las propiedades del suelo, pero sin embargo requiere en muchos casos el desa-

## Visítenos en FIMA

Pabellón 8 · Calle L  
Stands 28, 30 y 2-4



**INDUSTRIAS DAVID S.L**  
Alta tecnología para sus viñedos  
y frutales



**azufradoras, deshojadoras, intercepas  
alineadoras de leña, despuntadoras  
distribuidores estiércol,  
prepodadoras de viña en espaldera  
prepodadora de árboles, cultivadores  
trituradoras...**

P.I. Urbayecia II. Parcelas 28-30  
C.P:30510 Yecla-Murcia-España  
tfno. (+34) 968 71 81 19 :: fax (+34) 968 79 58 51  
e-mail: industriasdavid@industriasdavid.com



Foto 2. Vista general de una sonda de humedad.

rollo de calibraciones previas, especialmente en suelos con elevada salinidad, altos contenidos en materia orgánica o un elevado porcentaje de arcillas. (Paltineanu y Starr, 1997).

Con el objeto de cuantificar los efectos de tres estrategias distintas de riego deficitario en postcosecha en una plantación de melocotón (*Prunus persica*, L.) se estudió la respuesta fisiológica del cultivo a través de una estación de dendrometría con cuatro sensores por tratamiento. Del mismo modo, a través de una estación de medida de humedad en suelo FDR se obtuvieron de forma periódica y continua los contenidos de agua en el perfil a 10, 20, 30, 40 y 60 cm de profundidad respectivamente. Se estudió la relación entre la variación de los contenidos de humedad en el suelo y su repercusión en la variación del diámetro del tronco, así como el efecto de los distintos tratamientos de riego deficitario en la producción final, crecimiento vegetativo del árbol y el grado de conservación del producto cosechado.

## Material y métodos

### Localización del ensayo

El presente trabajo se ha realizado en una plantación comercial colaboradora, con una superficie de ensayo de 1,5 ha, situada en el término municipal de Carmona, (37° 28' 10" N y 5° 51' 45" O). El marco de la plantación es de 2 x 2,5 m, para una variedad de melocotón extratemprano (*Prunus persica*, L., variedad Red Crest) sobre patrón GF 677.

### Características edafoclimáticas

El suelo es un luvisol típico, con propiedades pseudogleicas a los

50 cm del perfil por lavado de arcillas que han compactado el suelo hasta impedir el flujo continuo de agua por capilaridad y drenaje. Sus valores medios de textura son de un 71%, 4% y 25% de arenas, limos y arcillas respectivamente; aumentando en profundidad de forma progresiva los contenidos en arcillas. Su material originario son margas del mioceno.

La climatología de la zona es típicamente mediterránea. Se caracteriza por tener inviernos suaves y veranos extremadamente secos y muy calurosos. Las precipitaciones son escasas e irregulares en el tiempo, tanto inter como intra-anualmente, apareciendo ciclos de años secos y otros de precipitaciones más abundantes. Las lluvias se concentran en torno a los meses de noviembre, diciembre y enero, siendo la primavera más seca que el otoño y de precipitaciones más irregulares.

### Diseño experimental

El ensayo se realizó entre el 1 de junio y el 15 de octubre de 2006 (152-288 DDA), estudiándose tres estrategias de riego deficitario controlado en postcosecha. La dosis de riego aplicada para cada uno de éstos fue la siguiente:

- Tratamiento A. Regado en postcosecha según las estimaciones del agricultor, aproximadamente con el 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc), aportándose un total de 4.500 m<sup>3</sup>/ha.

- Tratamiento B. Regado en postcosecha con el 65% del tratamiento control (tratamiento A), aportándose 2.900 m<sup>3</sup>/ha.

- Tratamiento C. Regado en postcosecha al 45% del tratamiento A, con un aporte de 1.440 m<sup>3</sup>/ha, aplicándose posteriormente durante el periodo comprendido entre el 11 de septiembre y el 15 de octubre (253-288 DDA) 1.560 m<sup>3</sup>/ha, lo que supuso el 120% de la cantidad aplicada al tratamiento control en dicho periodo.

- Tratamiento D. Regado en postcosecha al 60% del tratamiento A, sin recuperación posterior, con un total de 2.660 m<sup>3</sup>/ha.

Para cada tratamiento se establecieron tres filas de árboles, controlándose cuatro árboles por tratamiento en la fila central. En cada árbol control se instaló un sensor de dendrometría (LVDT), además de una sonda de humedad por tratamiento.

### Sondas de capacitancia FDR

Se instalaron cuatro sondas, una por cada tratamiento, con cinco sensores localizados a 10, 20, 30, 40 y 60 cm de profundidad. Cada una de las sondas se instaló en el centro del bulbo húmedo de un gotero pegado a un árbol control de cada tratamiento.

Cada sensor, de 5,1 cm de diámetro y 7,5 cm de longitud, mide en una distancia axial de 10 cm, aunque aproximadamente el 93% de la señal sólo afecta a una distancia de tres centímetros del tubo de acceso (Paltineanu y Starr, 1997).

Previamente, deben ser calibrados antes de la instalación por medio de lecturas de frecuencia específicas en agua y en aire seco.

### Estación dendrométrica

Se instalaron un total de dieciséis sensores LVDT, cuatro por tratamiento, localizados cada uno de ellos en la cara norte de un árbol control. Las medidas se realizaron con una frecuencia de 5 segundos, obteniéndose un valor promedio cada 15 minutos.

Cada sensor es capaz de medir fluctuaciones micrométricas del diámetro del tronco (TDF) a lo largo del día, a través de la variación del desplazamiento lineal de una aguja pegada al árbol y situada en el interior de cada sensor.

El ciclo del diario de registro de medidas ofrece tres índices diferentes: el diámetro máximo diario del tronco (MXTD), el mínimo (MNTD) y la diferencia entre ambos (MDS), o lo que es lo mismo, la variación máxima diaria del tronco (Ortuño et al. 2004).

Los valores de humedad registrados mostraron valores diferenciados en cada uno de los tratamientos. Se pudo observar que la sonda instalada en el tratamiento A fue la que registró los valores más altos de humedad, seguida de las pertenecientes a los tratamientos B y C respectivamente. Mención especial merece el tratamiento D, en el que, a pesar de ser el más restrictivo en cuanto a riego, mostró indicios de  $\theta_v$  similares a los obtenidos para el tratamiento control

## Análisis exploratorio del terreno

Previo a la instalación del ensayo se realizó un análisis de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo, a través de un sensor EM38DD para medir la conductividad eléctrica aparente (CEa) del medio. Varios autores como Johnson y col. (2005) han empleado este sensor a la hora de preparar esquemas de muestreo y diseños experimentales, con el fin de cuantificar la variabilidad espacial del terreno. En este trabajo se empleó esta técnica de estudio, previo a la instalación del ensayo, a modo de ubicar zonas homogéneas del terreno para la localización de cada uno de los tratamientos (figura 1).

Paralelamente, y con objeto de estudiar posibles diferencias en las propiedades del suelo, y tomando como referencia el mapa de variabilidad espacial, se realizó un muestreo en las zonas donde se localizaron cada uno de los tratamientos para el análisis de diversas propiedades.

## Producción y evolución del fruto en postcosecha

Se realizó un control del crecimiento vegetativo del cultivo mediante el paso de la poda de otoño (noviembre de 2006), así como la medición del producto final cosechado (15-30 mayo de 2007) para cada uno de los tratamientos.

Una vez cosechado el fruto se sometió a un estudio de conservación en cámara de frío, con objeto de identificar posibles diferencias en función del riego. La cámara estuvo sometida a las siguientes condiciones de temperatura y atmósfera controlada: 0°C, 90% HR, 21% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub>. Durante el almacenamiento se realizaron controles a los 8, 18 y 29 días más un control inicial a 20 melocotones por tratamiento de riego, previo al almacenamiento. En cada control se determinó <sup>a</sup>Brix, acidez titulable y pérdida de peso.

## Resultados y discusión

Teniendo en cuenta los valores de conductividad obtenidos a través del sensor, se escogieron cuatro zonas con una CEa relativamente baja (figura 1), con objeto de que las medidas obtenidas por los sensores FDR no estuvieran muy influenciadas por dicho factor. A pesar de ello, el tratamiento D se localizó en una zona de CEa superior al resto, lo cual produjo importantes efectos en los valores de



Nectarina

# Zincal<sup>®</sup> 30

Nueva variedad de nectarina de carne amarilla de excelente aspecto exterior, gran dureza y sabor espectacular, que suple una carencia de variedades en el calendario. Maduración en la segunda quincena de junio.



\* Datos tomados por Planasa en la Finca «La Mogalla», Cartaya (Huelva).

■ Fresa ■ Espárrago ■ Fruta de hueso ■ Ajo

**Planasa**

FINCA LA MOGALLA Ctra. Huelva-Ayamonte, km 104,5 - Apdo. Correos, 35 - 21450 Cartaya (Huelva) - España  
Tel. +34 959 390 778 Fax. +34 959 393 833 planasa-huelva@planasa.es

**inotalis**  
Innovación en  
Variedades Vegetales  
[www.inotalis.com](http://www.inotalis.com)



# Checchi & Magli

## Tecnologías para horticultura

**RIO 31  
UTILITY  
AUTOPROPULSADA**



**TRASPLANTADORAS**



**MAQUINAS PARA  
LA PATATAS**



**ACOLCHADORAS  
Y ENTABLONADORAS**

**SOLICITEN NUESTRO CATALOGO**

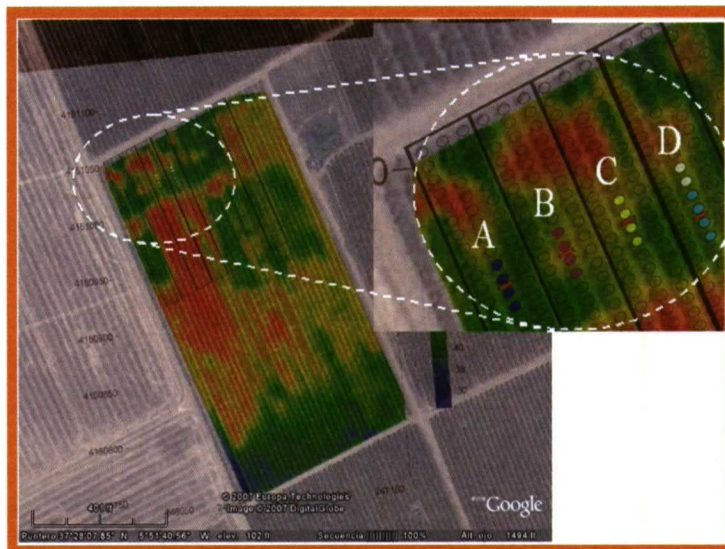
Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA

Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611

[www.checchiemagli.com](http://www.checchiemagli.com)

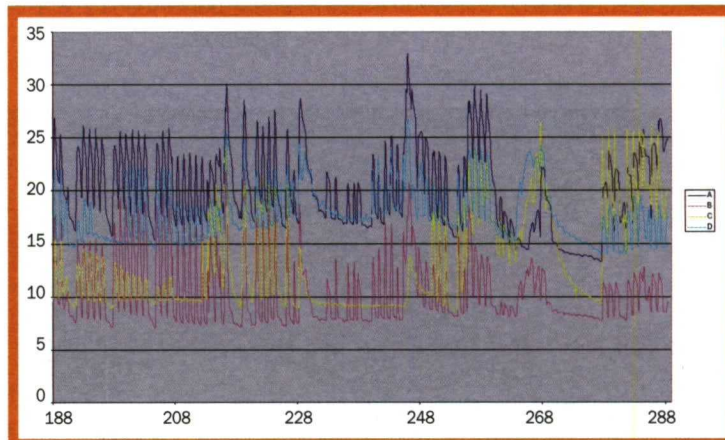
**Figura 1.**

**Estudio de la variabilidad espacial de la CEa del suelo. Cada bloque representa un tratamiento.**



**Figura 2.**

**Humedad del suelo de 0 a 60 cm para cada tratamiento durante el periodo de ensayo.**



humedad volumétrica ( $\theta_v$ ) registrados, contracción máxima diaria del tronco (MDS) y producción.

### Sondas FDR

Los valores de humedad registrados mostraron valores diferenciados en cada uno de los tratamientos. Se pudo observar que la sonda instalada en el tratamiento A fue la que registró los valores más altos de humedad, seguida de las pertenecientes a los tratamientos B y C respectivamente. Mención especial merece el tratamiento D, en el que, a pesar de ser el más restrictivo en cuanto a riego, mostró valores de  $\theta_v$  similares a los obtenidos para el tratamiento control (figura 2). Esta situación se debe a que, el valor de humedad volumétrica del suelo es el resultado de un algoritmo de transformación dependiente de unos coeficientes de calibración y unos valores de frecuencia que están íntimamente relacionados con la CEa del suelo. Estos valores de  $\theta_v$  pudieron verse afectados por la mayor salinidad del suelo donde se instaló la sonda, tal y como pudo comprobarse mediante el análisis de las muestras de suelo realizadas previamente a la instalación del ensayo. Así mismo es destacable la progresiva recuperación de los contenidos de humedad del suelo en el tratamiento C, tras la aplicación de las dosis de riego excedentarias.

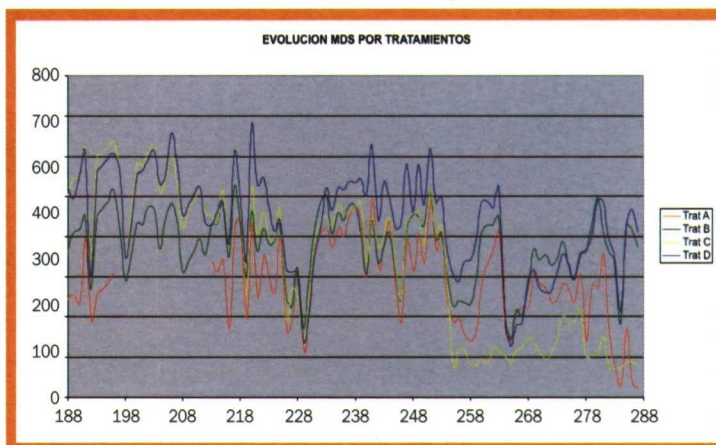
## Dendrómetros

Los resultados obtenidos en el ensayo demuestran que la contracción máxima diaria (MDS) parece un buen referente del estrés hídrico del melocotón, tal y como se confirma en la **figura 3**, observándose una alta correlación (inversa) entre el agua aportada a cada tratamiento y los valores MDS medidos. En particular, el tratamiento mejor regado presenta valores medios de la MDS más bajos durante casi todo el ensayo, seguido en orden por los tratamientos B, C y D. De nuevo se observa claramente la recuperación del riego en el tratamiento C a partir del 11 de septiembre (DDA 253) que se corresponde con un acusado descenso de sus valores MDS (**figura 3**).

Se estudió la relación existente entre los valores promedios de MDS y el agua total aportada a cada uno de los tratamientos (**figura 4**). Tal y como puede observarse, si bien el aporte hídrico entre los tratamientos B y D fue similar, los promedios del MDS fueron muy superiores en el segundo, lo que hace pensar en la existencia de otros factores independientes del riego (como puede ser la salinidad) que estén pro-

**Figura 3.**

**Evolución de la contracción máxima diaria (MDS) para cada tratamiento durante el periodo de ensayo.**



picando un mayor nivel de estrés en los árboles correspondientes al tratamiento D.

## Análisis de la producción final

La producción se vio afectada por el recorte de agua, destacando principalmente el tratamiento D, que obtuvo valores significativamente diferentes a los obtenidos para los tratamientos A y B teniendo en cuenta que el aporte total de agua recibido por los tratamientos B y D fue muy similar (**cuadro I**), debido probablemente a un efecto de la mayor salinidad del suelo donde se localizó este tratamiento.

## Cuadro I.

**Efecto del riego en la producción de fruto, crecimiento vegetativo y ahorro de agua.**

Tratamiento	Producción kg/ha	Poda kg/árbol	Riego m³/ha	Pérdida cosecha	Ahorro agua	Eficiencia kg/m³
A	20.030a	14,76	4.500	0%	0%	4,45
B	17.424a	11,22	2.900	13%	35%	6,00
C	14.296ab	9,71	3000	29%	33%	4,76
D	11.520b	9,52	2.660	43%	40%	4,33



**Alambre de viña**  
**Protección Zinc / Aluminio**

**Garantía de duración**  
**4 veces superior**  
**al triple galvanizado (clase C)**

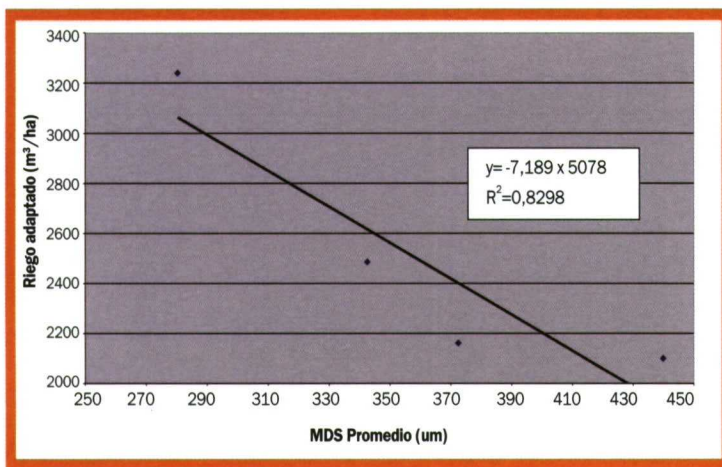
- Un grosor del revestimiento anti-corrosión superior al de la clase C.
- Una superficie lisa y duradera.
- Perfecta adherencia y concentricidad del revestimiento de Zinc+Aluminio.

- Ahorro considerable por hectárea instalada, con una calidad absolutamente fiable.
- CRAPAL®4 es, además, un producto que respeta el medio ambiente.



Figura 4.

Relación entre el MDS y la cantidad total de agua aportada entre los días 178 y 288.



Los resultados demostraron que las técnicas basadas en la variación del diámetro del tronco a lo largo del tiempo, muestran una gran sensibilidad a variaciones en los contenidos de humedad del medio, y por lo tanto son un buen indicador del nivel de estrés del cultivo. Del mismo modo, se comprobó que existen otros parámetros potencialmente influyentes en los niveles de estrés del árbol además de la disponibilidad de agua en el medio.

## Bibliografía

- Paltineanu I.C. y J.L. Starr. 1997. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: Laboratory calibration. *Soil Science Society of America Journal*, 61:1576-1585.
- Sentek. 1999. Diviner 2000. Guía del usuario. Versión 1.0
- Ortuño, M. F., J. J. Alarcón, E. Nicolás, and A. Torrecillas. 2004. Interpreting trunk diameter changes in young lemon trees under deficit irrigation. *Plant Science* 167:275-280.
- Johnson, C.K., K.M., Eskridge, and D.L., Corwin. 2005. Apparent soil electrical conductivity: applications for designing and evaluating field-scale experiments. *Comp. Electron. Agric.* 46:181-202.

Dentro de los tratamientos deficitarios, el tratamiento B fue el que obtuvo mejores valores de eficiencia en el gasto de agua, siendo el resto de tratamientos similares entre sí. Cabe destacar también el importante efecto que produjo el recorte de agua en la disminución del peso de poda en los tres tratamiento deficitarios, tal y como puede observarse en el **cuadro I**.

## Efecto del riego en la conservación del fruto en postcosecha

La pérdida de peso a los 29 días de almacenamiento alcanzó el 21% en los tratamientos B y D, mientras que para A y C el porcentaje de pérdida obtenido fue menor (18%); aunque si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas (**figura 5a**).

Los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) aumentaron significativamente respecto al control inicial en las muestras de los tratamientos B y C, mientras que en el tratamiento D el  $^{\circ}$ Brix descendió en los primeros 18 días con un incremento en el último control, probablemente por dificultades de adaptación al almacenamiento. Las muestras pertenecientes al tratamiento control no mostraron apenas cambios en el  $^{\circ}$ Brix (**figura 5b**).

La acidez titulable aumentó en todos los tipos de riego, (**figura 5c**), probablemente debido a las altas concentraciones de  $\text{CO}_2$ , lo que explica que el índice de madurez obtenido (sólidos solubles/acidez) disminuyera durante el almacenamiento (**figura 5d**).

## Conclusiones

Las medidas tomadas por sondas FDR parecen una herramienta fiable tanto para controlar la eficacia del sistema de riego como para comparar distintos tratamientos de riego, si bien se debe tener especial cuidado en la posibilidad de que las medidas se vean afectadas por efecto de la salinidad.

Se ha comprobado la idoneidad del uso de dendrómetros para evaluar el estrés hídrico del melocotón. Variaciones del contenido de humedad en suelo ocasionadas por los diferentes tratamientos de riego fueron inmediatamente detectadas por las sondas FDR y se correspondieron con variaciones significativas en valores diarios de MDS medidos por los dendrómetros.

Un recorte severo en riego de postcosecha puede ocasionar pérdidas importantes en la producción, así como en la calidad del producto final y en su conservación en el tiempo.

Sin embargo, con disminuciones de riego cercanas al 30% podemos obtener resultados importantes en la producción, con un ahorro de agua en torno a los 1.600 m³/ha, consiguiendo además un descenso notable en el crecimiento vegetativo del cultivo, con los benéficos que ello puede conllevar para el agricultor en el momento de la poda. ■

Figura 5.

Resultados obtenidos de merma (a),  $^{\circ}$ Brix (b), acidez (c) e índice de madurez (d), según tipo de riego.

