

## Programación del riego deficitario controlado en aceituna de mesa empleando la dendrometría.

F. Moreno, I. Girón

*Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNAS-CSIC), Sevilla*

M. Corell, M.J. Martín-Palomo, A. Moriana

*Departamento de Ciencias Agroforestales, ETSIA, Universidad de Sevilla, Sevilla*

A. Galindo, A. Torrecillas

*Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Murcia*

### 1. Introducción

La agricultura de riego es actualmente el mayor consumidor de agua en el mundo (Fererres y Evans 2006)). En muchas zonas áridas y semiáridas la escasez de recursos hídricos junto con la creciente demanda de agua para otros usos están imponiendo una fuerte presión para limitar su disponibilidad en la agricultura, un ejemplo muy claro es el caso de la agricultura Mediterránea. La optimización de este recurso natural se puede obtener a varios niveles pero posiblemente el menos estudiado y, con seguridad, el menos empleado a nivel comercial sea la programación del riego deficitario. Todavía es escasa la implantación de técnicas que realicen una toma de decisiones de riego de forma continua y telemática. El olivar, como cultivo tradicional y, muy recientemente, de regadío es un buen ejemplo.

El olivar es uno de los cultivos que por tradición y extensión tienen mayor importancia en España. Frutal de secano, a marcos amplios y con variedades tradicionales de cada zona comienza una reconversión definitiva a partir de los años 80. Antes de esta fecha no existen estadísticas oficiales en las que se incluya superficie en regadío de este frutal (MAGRAMA varios años), A partir de la década de los 90 se inicia un incremento progresivo de la superficie regada de esta especie que ha supuesto que en la actualidad ronde las 400.000 ha (MAGRAMA, 2014). Aunque esta superficie apenas si supone el 15% del total cultivado, en general, corresponde a las explotaciones más punteras y económicamente más rentables. A pesar de tratarse de un cultivo tradicionalmente de secano y con capacidad para resistir condiciones extremas de falta de agua (Orgaz y Fereres, 1997), sus necesidades hídricas son muy elevadas. Modelos desarrollados recientemente en nuestras condiciones y específicos para el olivar como el de (Orgaz et al. 2006)) estiman para el año medio necesidades de riego por encima de las dotaciones habituales a las que tiene acceso el agricultor. Esto supone que la práctica de riego deficitario en parcelas comerciales esté muy extendida, incluso se aplique sin tener conocimiento de ello.

Los procedimientos tradicionales de programación del riego se basan en la estimación de la evapotranspiración de los cultivos (Allen et al., 1998) o bien en medidas del contenido de agua en el suelo. La determinación de la evapotranspiración de los cultivos lleva asociadas algunas incertidumbres debidas a los efectos de la arquitectura del dosel vegetal, fracción de suelo sombreado y manejo del suelo. También la medida del contenido de agua en el suelo debe hacerse teniendo en cuenta la distribución y densidad del sistema radical lo que incrementa la incertidumbre en el caso de riego localizado donde el contenido de agua del suelo varía tridimensionalmente. Estas dificultades se incrementan si incluimos estas metodologías en el contexto del riego deficitario.

La sensibilidad al estrés hídrico de los diferentes estados fenológicos en relación a la cosecha es la base del riego deficitario controlado (RDC). En olivo estas fases están muy bien caracterizadas. (D. Goldhamer 1999) estableció que la fase de endurecimiento de hueso es la más resistente a la falta de agua en el suelo y se pueden hacer restricciones importantes del riego sin afectar a la cosecha. La floración, por el contrario, es muy sensible y niveles bajos de estrés hídrico dan lugar a grandes restricciones en cosecha (A. Moriana et al. 2003) Finalmente, la fase de acumulación de aceite es moderadamente sensible (Lavee and Wodner 1991) y condiciones de estrés moderadas, incluso, incrementan el rendimiento (Lavee et al. 2007). A pesar de esto en los últimos años hay artículos que sugieren estrategias que no siguen este patrón de restricción en endurecimiento, si no ausencia de riego en floración y comienzo en endurecimiento (pej. Lavee et al 2007). Este desacuerdo, realmente no está basado en cambios en la

sensibilidad al estrés, si no que se trata del reflejo de una ausencia de parámetros reales que cuantifiquen el estrés hídrico al que puede ser sometida la planta. La ausencia de riego en la primera fase del cultivo es posible en un clima Mediterráneo en el que las lluvias de otoño y primavera han rellenado el perfil lo suficiente y permiten un nivel de estrés tolerable por la planta. Este tipo de resultados es lo que justifica el uso de medidas en planta especialmente en condiciones de riego deficitario.

Hay diferentes medidas que se están sugiriendo para la programación del riego en base a medidas de estado hídrico. El flujo de savia o el potencial hídrico foliar, por ejemplo, son algunas de las más populares. No obstante las variaciones micrométricas del diámetro del tronco suelen ser, en la mayor parte de los frutales, los indicadores más sensibles al estrés hídrico (Ortuño et al. 2010) Sin embargo, la gran variabilidad de la medida y su interacción con el medio ambiente y la propia fisiología de la planta provoca que todavía no esté bien establecido su uso comercial.

En este trabajo pretendemos exponer algunos resultados de la medida continua del estado hídrico de olivo, mediante el uso de sensores de las variaciones micrométricas del diámetro del tronco y los parámetros derivados, y su posible utilización en la programación del riego.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Descripción parcela

Los datos presentados en esta comunicación se han obtenido en la finca experimental La Hampa propiedad del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (IRNAS-CSIC), localizada en Coria del Rio (Sevilla) (37°17'N, 6°3'W, 30 m altitud) durante varios años. El olivar tenía 37 años de edad al inicio de estas experiencias en el año 2008. El marco es de 7m\*5m. El suelo franco arenoso de unos 2 m de profundidad. Con una humedad volumétrica de 0.33 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> en saturación y 0.21 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> en capacidad de campo y 0.1 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> en el punto de marchitez, y una densidad aparente de 1.30 (0-10cm) y 1.50 (10-120 cm) g cm<sup>-3</sup>. El sistema de riego está compuesto de 5 goteros por árbol de 8 l h<sup>-1</sup> a una distancia de 1m.

### 2.2 Indicadores del estado hídrico de los árboles

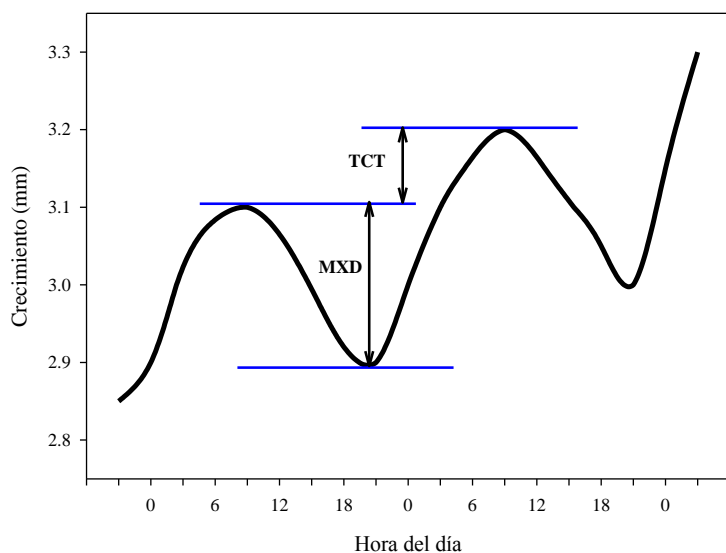
Las medidas micrométricas de las variaciones del diámetro del tronco (VDT) se realizan usando sensores de desplazamiento variable y respuesta lineal (LVDT) de alta precisión, dendrómetros, unidos al tronco mediante unas abrazaderas especiales hechas con Invar, una aleación de níquel y hierro con un coeficiente de dilatación prácticamente nulo.



*Foto 1. Dendrómetro colocado en el tronco principal de un olivo*

El diámetro del tronco oscila en ciclos de 24 h, alcanzando valores máximos (MXDT) antes del alba y mínimos (MNDT) durante la tarde (Fig. 1). Estos ciclos diarios dan lugar a diferentes parámetros que son los usados para realizar la programación de los riegos. La diferencia entre el máximo y el mínimo diario se conoce como máxima contracción

diaria (MXC). La evolución de los valores del MXDT y MNDT también suministra información de utilidad. Concretamente, la diferencia entre dos valores consecutivos del MXDT informa de la tasa diaria de crecimiento del tronco (TCT), y la consideración de los valores del MXDT en un determinado periodo informa del crecimiento acumulado (Fig. 1). El MNDT refleja el efecto combinado del suministro de agua desde el suelo y la demanda evaporativa sobre la máxima contracción, mientras que el MXDT resulta afectado por los procesos de rehidratación, los cuales dependen esencialmente del suministro de agua desde el suelo y solo de manera indirecta de la demanda evaporativa del día precedente (D. A. Goldhamer and Fereres 2001).



**Figura 1.** Esquema de dos ciclos diarios de expansión y contracción del tronco y de los parámetros empleados para caracterizar el estado hídrico de la planta. TCT (tasa de crecimiento del tronco). MXC (máxima contracción diaria).

El déficit hídrico da lugar a alteraciones de estos parámetros que se pueden observar de forma clara en algunos frutales. En general la respuesta al déficit hídrico de estos parámetros consiste en una disminución de los valores de MXDT, MNDT y TCT que incluso puede indicar una contracción neta del tronco (es decir dar valores negativos) y un incremento de los valores de MXD. Sin embargo no siempre estas alteraciones están necesariamente ligadas al efecto de la falta de agua en el suelo sino que podrían estar relacionadas con variaciones en la demanda evaporativa. Esto supone el uso habitual de indicadores relativos que suelen ser el cociente entre los parámetros medidos y el valor en condiciones no limitantes de agua para el cultivo. Este cociente se denomina “señal” y habitualmente se emplea en el parámetro MXD.

### 2.3 Tratamientos de riego

Los tratamientos de riego se realizaron según el nivel de estrés hídrico marcado en cada estado fenológico. Los datos aquí presentados pertenecen a varios ensayos, uno realizado entre los años 2008 al 2010 y otro realizado en el año 2014. Los tratamientos del trienio 2008-2010 fueron:

- Control. Los requerimientos de riego se determinaron usando la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) y un coeficiente de cultivo y un coeficiente corrector del área sombreada. Los árboles se regaron con el 125% de la evapotranspiración del cultivo hasta cosecha.
- Riego deficitario 2 (RDC-2). Sin estrés hídrico durante la fase de floración-cuajado (fase I). Se aplican condiciones de estrés hídrico moderado durante la fase de endurecimiento del hueso (fase II). El riego en fase I se realizó cuando la TCT fue inferior a la medida en el control. El riego en fase II se realizó cuando la señal MXD fue inferior a 0.75. El periodo de rehidratación se realizó desde el 23 de Agosto hasta cosecha (aproximadamente el 16 de Septiembre). En esta fase (fase III) los riegos se realizaron cuando la TCT fue inferior al control.
- Riego deficitario 12 (RDC-12). Estrés hídrico moderado durante la fase de floración-cuajado (fase I) y severo durante la fase de endurecimiento del hueso (fase II). El riego en fase I se realizó cuando la TCT fue inferior a la medida en el control en al menos  $0.25 \mu\text{m día}^{-1}$ . El riego en fase II se realizó cuando la señal MXD fue

inferior a 0.5. El periodo de rehidratación se realizó desde el 23 de Agosto hasta cosecha (aproximadamente el 16 de Septiembre). En esta fase (fase III) los riegos se realizaron cuando la TCT fue inferior al control.

Los tratamientos del año 2014 estuvieron basados en valores de potencial hídrico y fueron:

- Control. El objetivo fue mantener los árboles en ausencia de estrés hídrico. Los niveles de referencia fueron -1,2 MPa antes de endurecimiento de hueso y -1,4 MPa a partir de ese momento de potencial hídrico a mediodía. Estos niveles son los recomendados por (Moriana et al. 2012)
- RDI-1: Los árboles estuvieron regados con los mismos niveles que los árboles Control hasta 2 semanas antes de cosecha en los que el umbral disminuyó hasta -2,5 MPa. (Dell'Amico et al. 2012) sugieren que valores en torno a -2 MPa de potencial hídrico medido al mediodía no afectan al crecimiento del fruto.
- RDI-2: Igual que el anterior pero la restricción de riego tuvo lugar 4 semanas antes de cosecha. El umbral establecido fue el mismo. El objetivo era comprobar la influencia de la duración del estrés hídrico aplicado.

### 3. Resultados y Discusión

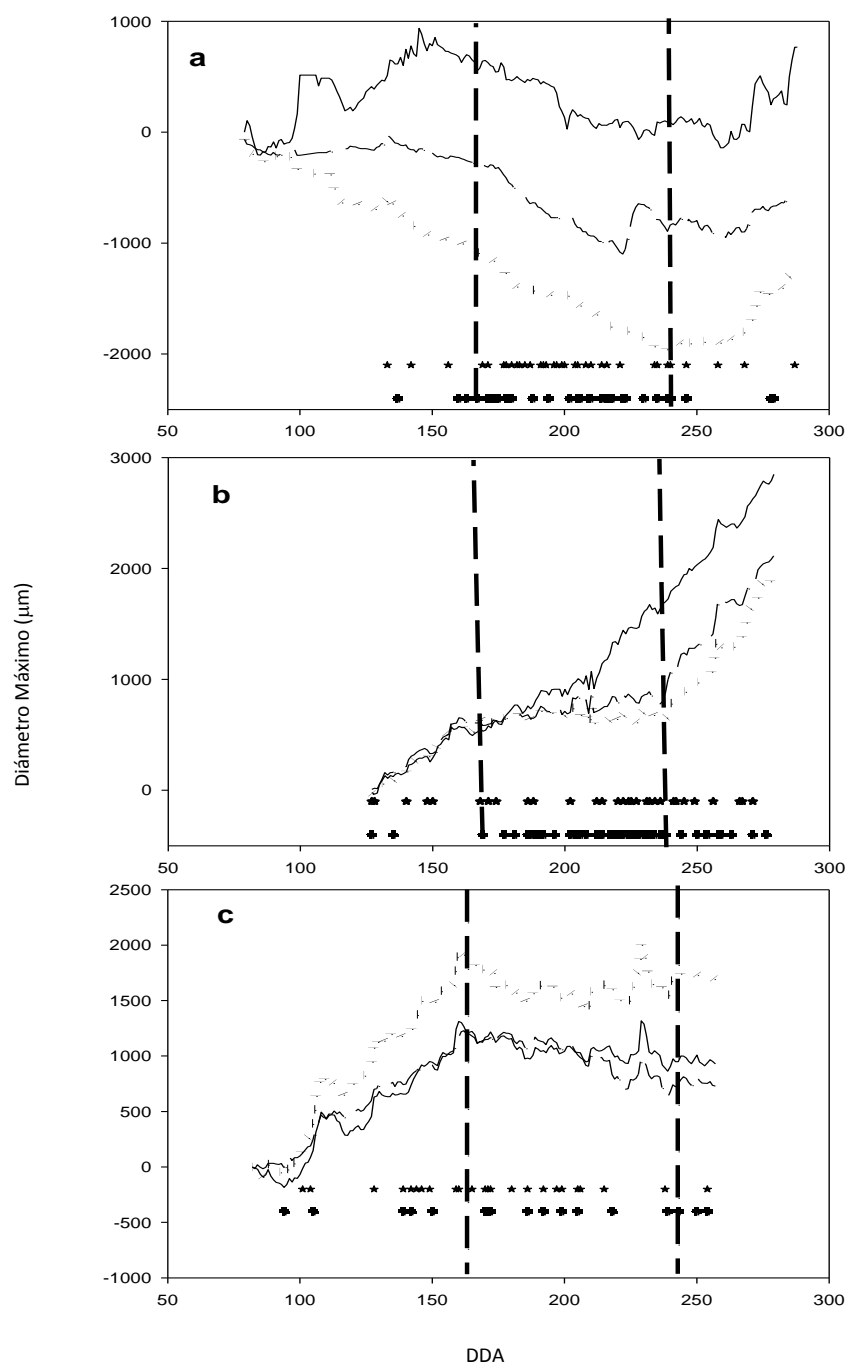
La programación de riegos planteada en el trienio 2008-2011 dio lugar a una aplicación de agua que se presenta en la Tabla 1.

		Riego (mm)			ET <sub>o</sub> (mm)	Lluvia (mm)
		Control	RDC 2	RDC 12		
2008	F. I (125)*	197	10	5	525 (259)**	330 (38)**
	F. II (67)*	274	56	0	452	11
	F. III (36)*	106	42	27	141	61
	Posco.	42	11	14	160	146
	Total	619	119	46	1278	548
2009	F. I (122)*	159	38	1	528(206)**	242 (4)**
	F. II (67)*	292	7	1	453	0
	F. III (45)*	134	65	61	195	14
	Postco.	0	0	0	154	425
	Total	585	110	63	1330	681
2010	F. I (120)*	190	63	6	544 (237)**	610 (37)**
	F. II (69)*	394	57	9	478	13
	F. III (30)*	126	40	23	135	4
	Postco.	0	0	0	233	405
	Total	710	160	38	1390	1032

**Tabla 1.** Riego y condiciones climatológicas de los tres años de ensayo. El agua aplicada se presenta estacionalmente y dividida en periodos fenológicos del cultivo, entre paréntesis la duración de cada fase. La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y la lluvia también se presentan estacionalmente y por fases fenológicas. Entre paréntesis se presentan en la fase I los valores de lluvia y evapotranspiración una vez que comenzó el riego.

Las mayores restricciones de agua tuvieron lugar durante la fase II en los tratamientos deficitarios, aunque también hubo una disminución importante en el resto de fases. Esto supuso que los tratamientos deficitarios tuvieran una aplicación de agua muy inferior al Control. Los datos del Control son excesivamente altos debido a que se procuró tener siempre seguridad de que estos árboles tenían un estado hídrico óptimo. No obstante los valores del tratamiento RDC-2 son los que habitualmente tienen disponible los agricultores lo cual indica que la programación de riego se ajusta a las necesidades comerciales de las parcelas de nuestra zona. El tratamiento RDC-12 supuso un recorte muy importante llegando a estar incluso por debajo del 50% del agua aplicada en el tratamiento RDC-2.

La Figura 1 presenta las curvas de diámetro máximo a la que dieron lugar las programaciones de riego durante el trienio 2008-2011. Las pendientes de estas curvas es la tasa de crecimiento del tronco (TCT). El año 2008 (Fig. 1a) fue un año de una carga muy elevada lo que dio lugar incluso a contracciones netas del tratamiento control durante la fase de endurecimiento de hueso. No obstante, las caídas fueron mayores, con mayor pendiente, en los tratamientos deficitarios. El año 2009 (Fig. 1b) fue un año de descarga lo que dio lugar a un crecimiento del tronco durante toda la estación en los árboles Control, mientras que los tratamientos deficitarios presentaron parada durante la fase de endurecimiento. Las pendientes de la curva de diámetros máximos se recupera durante la rehidratación y fue similar a la del Control.



**Figura 1.** Evolución de los diámetros máximos durante los tres años de ensayo (a) 2008 (b) 2009 y (c) 2010. Línea continua tratamiento Control, línea discontinua tratamiento RDI-2 y línea punteada tratamiento RDI-12. Las estrellas que aparecen en el fondo indican diferencias en la TCT entre los tratamientos deficitarios y el Control.

El año 2013 es un año de carga medio y presenta la evolución estacional característica, con un crecimiento durante la fase I en todos los tratamientos y una parada a partir del endurecimiento de hueso. Los diámetros máximos en el tratamiento RDC-12 estuvieron por encima del resto por la respuesta a los periodos de lluvias que provocaron que estuviese por encima. El uso de los diámetros máximos no es aconsejable en la programación por si solos ya que dan lugar a diferencias artificiales que han podido ocurrir en momentos puntuales anteriores al periodo de estrés ( a. Moriana and Fereres 2002), por ejemplo en el año 2009. Sin embargo, la gran variabilidad de los valores de la TCT hace que lo más recomendable para visualizar la programación sea la representación gráfica de los diámetros máximos y el análisis numérico de la TCT. La Tabla 2 presenta los datos de TCT medios en cada periodo fenológico. Los valores obtenidos durante la Fase I estuvieron alterados por las lluvias primaverales lo que limita su uso en la programación.

		TGR ( $\mu\text{m day}^{-1}$ )		
		Control	RDI-2	RDI-12
2008	Phs. I	7.0 $\pm$ 11.4	3.4 $\pm$ 12.2	-6.2 $\pm$ 13.3
	Phs. II	-5.2 $\pm$ 20.0	-14.8 $\pm$ 13.9	-19.5 $\pm$ 8.7
	Phs. III	14.2 $\pm$ 25.1	20.8 $\pm$ 24.8	28.8 $\pm$ 25.4
2009	Phs. I	12.7 $\pm$ 8.0	14.7 $\pm$ 11.7	13.5 $\pm$ 11.7
	Phs. II	18.9 $\pm$ 24.5	2.9 $\pm$ 22.9	1.7 $\pm$ 25.0
	Phs. III	28.8 $\pm$ 8.4	26.1 $\pm$ 16.8	26.3 $\pm$ 11.6
2010	Phs. I	14.8 $\pm$ 9.0	14.6 $\pm$ 12.6	22.7 $\pm$ 15.8
	Phs. II	-2.6 $\pm$ 8.9	-5.3 $\pm$ 13.2	-3.0 $\pm$ 19.5
	Phs. III	-3.2 $\pm$ 6.2	-4.9 $\pm$ 10.8	-1.7 $\pm$ 12.0

**Tabla 2.** Valores promedio (media $\pm$ error estándar) durante cada uno de los estados fenológicos de los tres años de ensayo.

Los valores de TCT media presentaron claramente diferencias entre los tratamientos. En el año 2008, a pesar de la caída de los árboles Control, los tratamientos deficitarios disminuyeron a una tasa mucho mayor. De igual manera ocurre en el año 2009, año de descarga, en el que el crecimiento en los tratamientos deficitarios es prácticamente nulo. Finalmente, el año 2010 las diferencias fueron mínimas lo que está en consonancia con otros datos obtenidos en la parcela del estado hídrico de los árboles (potencial hídrico y conductancia estomática, datos no mostrados). Los valores de la TCT durante la rehidratación muestran en los años 2008 y 2009 valores similares o incluso mayores que el Control, mientras que en el año 2010 los valores son prácticamente los mismos que durante la Fase II. Este comportamiento indica, de nuevo, la ausencia de un estrés hídrico significativo durante el último año.

Estos niveles de estrés hídrico dieron lugar a pequeñas variaciones en la calidad y cantidad de la cosecha (Tabla 3).

	2008			2009			2010		
	Cosecha (TM ha <sup>-1</sup> )	PH	Frut. Kg <sup>-1</sup>	Cosecha (TM ha <sup>-1</sup> )	PH	Frut. Kg <sup>-1</sup>	Cosecha (TM ha <sup>-1</sup> )	PH	Frut. Kg <sup>-1</sup>
Control	18.3 $\pm$ 0.31	5.4 $\pm$ 0.2	308 $\pm$ 14	2.3 $\pm$ 0.51	5.7 $\pm$ 0.2 ab	229 $\pm$ 14	15.0 $\pm$ 1.7	4.8 $\pm$ 0.14 a	281 $\pm$ 31
RDC2	16.8 $\pm$ 1.42	4.5 $\pm$ 0.4	379 $\pm$ 29	1.4 $\pm$ 0.52	4.2 $\pm$ 0.6 b	225 $\pm$ 10	19.2 $\pm$ 2.9	4.0 $\pm$ 0.12 b	284 $\pm$ 5
RDC12	14.6 $\pm$ 2.5	4.4 $\pm$ 0.4	358 $\pm$ 22	0.8 $\pm$ 0.17	6.0 $\pm$ 0.3 a	228 $\pm$ 3	13.9 $\pm$ 1.3	4.2 $\pm$ 0.11 ab	288 $\pm$ 11

**Tabla 3.** Cantidad y calidad de la cosecha en el momento de cosechar durante los tres años del experimento. La calidad fue evaluada cob la relación pulpa-hueso (PH) y el número de frutos por Kg. La cosecha (TM ha<sup>-1</sup>) y el número de frutos son medias de 6 árboles, la relación pulpa hueso es la media de 18 medidas (3 por árbol). Columnas con diferente letra indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ; Test Tukey).

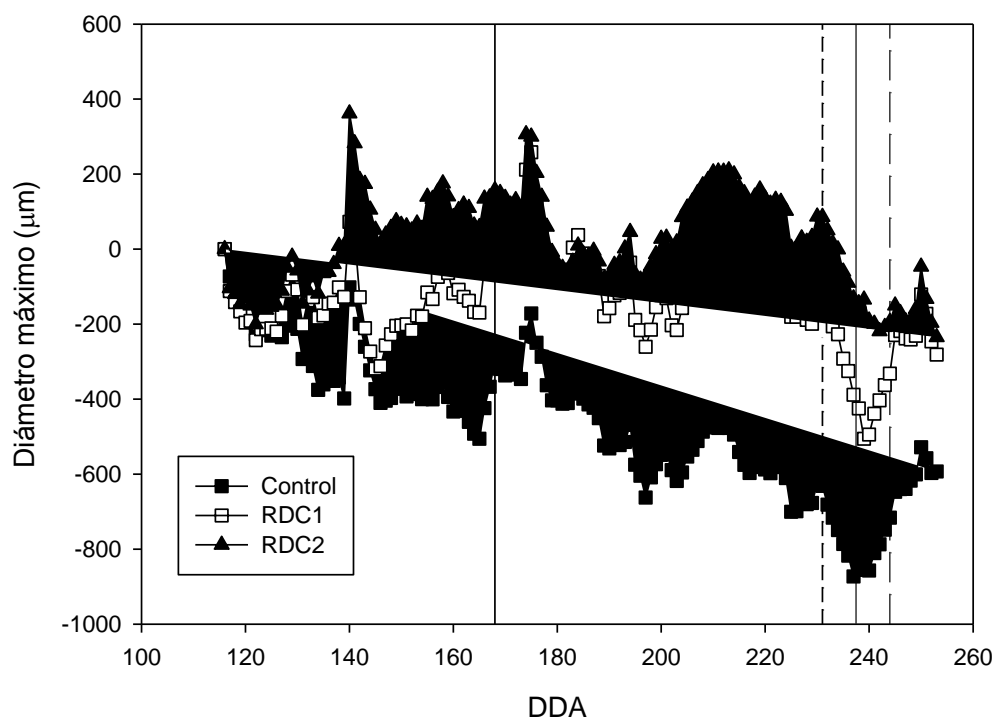
No hubo diferencias significativas en la cosecha de los tratamientos en ninguno de los tres años, aunque los valores obtenidos en RDC-12 tendieron a ser inferiores. Estos menores valores podrían estar relacionados con una afección del crecimiento de los árboles o con una leve caída de frutos. Tampoco hubo diferencias significativas en el tamaño de los frutos aunque, de nuevo, el tratamiento control tendió a menor cantidad de frutos por Kg (por lo tanto frutos más grandes) que los tratamientos deficitarios. Solamente hubo diferencias en la relación pulpa hueso en las que el tratamiento deficitario 2 tuvo valores inferiores al resto.

Estos resultados sugieren que los niveles de estrés hídrico empleados podrán ser de utilidad al dar lugar a un ahorro de agua considerable con variaciones en la cosecha poco claras o incluso inexistentes. Los valores obtenidos en la TCT podrían ser útiles para la programación del riego, al menos durante la fase de endurecimiento, no así los valores de



MXD (datos no mostrados) que presentaron diferencias muy poco claras con el control. Los datos de TCT sugieren que valores promedio de  $-5 \mu\text{m día}^{-1}$  podrían ser de interés.

Durante el año 2014, se plantearon tratamientos mucho menos severos en cuanto a la intensidad y duración del estrés hídrico. La Figura 2, presenta los datos de diámetros máximos durante este ensayo.



**Figura 2.** Evolución de los diámetros máximos durante el año 2014. Línea continua indica el periodo de endurecimiento de hueso. La línea punteada indica el comienzo de la restricción del riego para el tratamiento RDC-2 y la línea discontinua la restricción del riego para el tratamiento RDC-1.

La evolución de los diámetros máximos no muestra el crecimiento característico durante la fase I posiblemente por los efectos de las lluvias primaverales. En este año, también de elevada carga, hubo una contracción neta de todos los tratamientos durante la fase de endurecimiento, aunque en este periodo el riego fue igual para los tres tratamientos sin condiciones de estrés hídrico. De nuevo se pueden observar las diferencias en diámetros máximos debidas a respuestas diferenciales a, por ejemplo, lluvias que dan lugar a que se vayan acumulando y reflejen diámetros máximos distintos que no tienen que ver con el estado hídrico. Las TCT medias durante el periodo de endurecimiento y desde que se realizó el corte de riego en el tratamiento RDC-2 sí muestran en cambio diferencias más claras (Tabla 4). En la fase de endurecimiento, cuando la mayor parte del tiempo no hay diferencias en riego, las TCT son similares.

	Fase II	Desde Corte	Agua Aplic	Cosecha	Cob. Suelo
Control	$-3.56 \pm 2$	$-0.68 \pm 2.5$	$278 \pm 22$	$14.7 \pm 1.6$	$49 \pm 5$
RDC-1	$-3.05 \pm 3$	$-6.00 \pm 3.3$	$242 \pm 54$	$12.2 \pm 2.4$	$38 \pm 5$
RDC-2	$-3.51 \pm 2$	$-16.9 \pm 3.6$	$143 \pm 13$	$12.0 \pm 2.4$	$43 \pm 4$

**Tabla 4.** Tasa de crecimiento del tronco (TCT,  $\mu\text{m día}^{-1}$ ) durante la fase II y desde que se suprime el riego en el tratamiento RDC-2 (media y error estándar). También se presentan los datos de agua aplicada (mm), cosecha final obtenida ( $\text{TM ha}^{-1}$ ) y la cobertura del suelo de los árboles (%).

Por el contrario, a partir del recorte del RDC-2 los comportamientos son diferentes. La pendiente del control es prácticamente 0, mientras que en el RDC-2 es claramente más negativa. El tratamiento RDC-1 presenta un comportamiento intermedio debido a que la restricción de riego es posterior a la realizada en RDC-2. Las diferencias en agua aplicada en el tratamiento RDC-2 fueron muy elevadas con el RDC-1 y el control ya que estuvo aproximadamente el último mes sin riego. Las diferencias en cosecha no fueron significativas aunque hay una calra

tendencia a mayores valores en el tratamiento Control. Una parte muy importante de estas diferencias pudo estar relacionada con diferencias en el tamaño de los árboles como indican los valores de cobertura de suelo, superiores en el Control respecto a los otros 2.

## 4. Conclusiones

El manejo del riego considerando medidas en planta puede dar lugar a ahorros significativos de agua y a un manejo más óptimo de condiciones de riego deficitario. La tasa de crecimiento podría ser un parámetro de utilidad especialmente durante la fase de endurecimiento y rehidratación ya que en primavera las lluvias dieron lugar en algunos años a problemas en las medidas obtenidas. Valores medios inferiores a  $-5 \mu\text{m día}^{-1}$  durante la fase de endurecimiento puede ser un valor aconsejable de nivel de estrés hídrico a tenor de los resultados encontrados. Es necesario realizar más ensayos que permitan evaluar umbrales en diferentes fincas y sistemas de cultivo ya que la respuesta de la planta podría ser sensiblemente diferente.

## Agradecimientos

Estos datos se incluyen en los proyectos AGL2010-19201-CO4-03 “Estrategias de manejo del riego deficitario controlado para optimizar la producción en calidad y cantidad de aceituna de mesa y aceite” financiado por el MINECO y el proyecto AGL2013-45922-C2-1-R “Manejo de la duración y el nivel de déficit hídrico en diferentes estados fenológicos para la mejora de la funcionalidad y calidad sensorial de la fruta en olivo y pistachero” también financiado por el MINECO.

## Referencias

- Dell’Amico, J. , A. Moriana, M. Corell, I. Girón, D. Morales, A. Torrecillas, F. Moreno. 2012. Low water stress conditions in table olive trees (*Olea europaea* L.) during pit hardening produced a different response of fruit and leaf water relations. *Agric. Water Manage.* 114, 11–17.
- Fereres, E, y R G Evans. 2006. Irrigation of Fruit Trees and Vines: An Introduction. *Irrig. Sci.* 24, 55–57.
- Goldhamer, D. 1999. Regulated Deficit Irrigation for California Canning Olives. *Acta Hort.* 474, 369–372.
- Goldhamer, D A, y E Fereres. 2001. Irrigation Scheduling Protocols Using Continuously Recorded Trunk Diameter Measurements. *Irrig Sci* 20, 115–125.
- Lavee, S, E Hanoch, M Wodner, H Abramowitch. 2007. The Effect of Predetermined Deficit Irrigation on the Performance of Cv Muhasan Olives (*Olea Europaea* L) in the Eastern Coastal Plain of Israel. *Scientia Hort.* 112, 156–163.
- Lavee, S, y M Wodner. 1991. Factors Affecting the Nature of Oil Accumulation in Fruit of Olive (*Olea Europea* L.)cultivars. *J. Hort. Sci. Biotech.* 66, 583–591.
- Moriana, A, F Orgaz, E Fereres, M Pastor. 2003. Yield Responses of a Mature Olive Orchard to Water Deficits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128, 425–431.
- Moriana, A., D. Pérez-López, M.H. Prieto, M. Ramírez-Santa-Pau, J.M. Pérez-Rodríguez, J.M. 2012. Midday Stem Water Potential as a Useful Tool for Estimating Irrigation Requirements in Olive Trees. *Agricultural Water Management* 112, 43–54.
- Moriana, A., y E. Fereres. 2002. Plant Indicators for Scheduling Irrigation of Young Olive Trees. *Irrig. Sci.* 21, 83–90.
- Orgaz, F, L Testi, F J Villalobos, E Fereres. 2006. Water Requirements of Olive Orchard-II: Determination of Crop Coefficients for Irrigation Scheduling. *Irrig Sci* 24, 77–84.
- Ortuño, M. F., W., Conejero, F., Moreno, A., Moriana, D.S., Intrigliolo, C., Biel, C.D., Mellisho, A., Pérez-Pastor, R., Domingo, M.C., Ruiz-Sánchez, J., Casadesus, J., Bonany, A., Torrecillas, A. 2010. Could Trunk Diameter Sensors Be Used in Woody Crops for Irrigation Scheduling? A Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Agric. Water Manage.* 97, 1–11.