

# DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO AL SECTOR AGROALIMENTARIO

N30

Agosto 2008

## USO EFICIENTE DEL AGUA EN SITUACIONES EXTREMAS

**P03** La gestión del regadío en tiempos de escasez de agua **P05** Manejo del riego del manzano en condiciones de sequía extrema **P09** Aspectos sobre la aplicación del aclareo de fruta como técnica de mitigación del estrés hídrico en peral **P12** Mitigación de sequía en melocotonero mediante técnicas culturales: poda de verano y aclareo de frutos **P15** Efectos del riego en melocotón para industria: crecimiento estacional, producción y calidad **P18** El riego de los cítricos en condiciones de sequía **P24** La Entrevista



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària  
i del món rural

[www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)



Generalitat de Catalunya  
Departament d'Agricultura,  
Alimentació i Acció Rural  
[www.gencat.cat/dar](http://www.gencat.cat/dar)





# PRESENTACIÓN



**Joaquim Llena i Cortina**

Consejero de Agricultura, Alimentación y Acción Rural

El agua es un recurso limitado y, al mismo tiempo, un factor de producción clave para la agricultura catalana, que debe gestionarse de la mejor manera posible. Para producir alimentos hace falta agua, no cabe la menor duda, pero lo que sí está claro es que, cada vez más, habrá que hacer un uso del agua lo más eficiente posible y, sobre todo, en situaciones de falta de disponibilidad de este recurso.

En el Dossier que ahora os presentamos, queremos ofrecer una visión global sobre la gestión del riego en tiempos de escasez de agua, así como de las técnicas más adecuadas para realizar su manejo en condiciones de sequía extrema, en cultivos como el manzano, el peral, el melocotonero y los cítricos.

Desde el Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural (DAR) se apuesta por toda una serie de actuaciones dirigidas al aumento de la eficiencia de los regadíos catalanes; por un lado, con la modernización de regadíos por parte de la Dirección General de Desarrollo Rural y, por otro, potenciando el asesoramiento, la formación y la transferencia tecnológica sobre el riego mediante la Dirección General de Alimentación, Calidad e Industrias Agroalimentarias, y a través del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA).

Recientemente, el DAR ha firmado el convenio RIDECO, iniciales que pertenecen a 'Riego Deficitario Controlado', con el equipo del proyecto RIDECO-Consolider, formado por los grupos más relevantes de investigadores en materia de riego en el arco mediterráneo (CITA, AulaDei-CSIC, IRTA, UdL, IIA, CEBAS-CSIC, UCO, IAS-CSIC), y que tiene como uno de sus principales objetivos la divulgación y la transferencia tecnológica al sector de todo el conocimiento generado, mediante jornadas técnicas, visitas a parcelas experimentales, etcétera.

Los artículos que forman parte de esta publicación, realizados todos por investigadores del equipo RIDECO-Consolider, os proporcionarán conocimientos técnicos contrastados, que os servirán de ayuda en la toma de decisiones respecto a cómo regar vuestros cultivos en situaciones extremas de falta de agua, procurando que su productividad sea máxima. Regar bien no es fácil y por este motivo desde el DAR se cuenta con diferentes instrumentos, como el Plan Anual de Transferencia Tecnológica (donde se enmarcan los convenios de colaboración con expertos), el Programa Anual de Formación Agraria, el portal virtual agroalimentario de RuralCat, donde disponéis de la herramienta de recomendaciones de riego y los Dossiers Técnicos; unos productos que quieren servir de apoyo en todo este complejo camino que supone regar vuestras parcelas.

En esta misma dirección el IRTA tiene en marcha un potente programa de I+D+T+i, con la finalidad de mejorar la productividad del agua (que ha de significar una mejora en la rentabilidad de las explotaciones) e incrementar el ahorro (con sus beneficios medioambientales y sociales).

El esfuerzo conjunto del DAR y los regantes para dotarnos de las mejores tecnologías de riego y mejorar la gestión del agua de riego nos tiene que permitir producir los alimentos que necesita nuestro país y al mismo tiempo tener un modelo sostenible de la gestión de los recursos hídricos.

**Dossier Tècnic. Núm. 30**  
**"Uso eficiente del agua en situaciones extremas"**  
Agosto de 2008

**Edició**  
Direcció General d' Alimentació, Qualitat i Indústries Agroalimentàries.

**Consejo de Redacción**  
Joan Gené Albesa, Ramon Lletjós Castells, Ramon Jové Miró, Jaume Sió Torres, Elisabet Cardoner Martí, Xavier Esteve Guiu (DG02), Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Santiago Riera Lloveras (Premsa), Joan S. Minguet Pla y Josep M. Masses Tarragó.

**Coordinación**  
Josep Maria Masses Tarragó.

**Producció**  
Teresa Boncompte Ribera, Josep Maria Masses Tarragó y Annabel Teixidó Martínez.

**Traducción del catalán**  
Marta Flores.

**Asesoramiento lingüístico**  
Joan Ignasi Elias Cruz.

**Grafismo y maquetación**  
Quin Team!

**Impresión**  
El Tinter  
(Empresa certificada ISO 14001 y EMAS)  
Papel 50% reciclado y 50% ecológico.

**Depósito legal:** B-16786-05  
**ISSN:** 1699-5465  
**NIPO:** 770-10-014-0

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. DOSSIER TÈCNIC no se identifica con el mismo necesariamente. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando su fuente y autor.

DOSSIER TÈCNIC se distribuye de forma gratuita. Pueden solicitar más ejemplares en la dirección: [dossier@ruralcat.net](mailto:dossier@ruralcat.net)

Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural  
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta  
08007 - Barcelona  
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02  
e-mail: [dossier@ruralcat.net](mailto:dossier@ruralcat.net)

Más recursos, enlaces y versión electrónica en la web de RuralCat: [www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)

**Fotografía presentación:**  
Plataforma de demostración de riego de apoyo en almendro en Maials. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

**Fotografía portada:**  
Ensayo de Riego Deficitario Controlado (RDC) en cerezo. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

# LA GESTIÓN DEL REGADÍO EN TIEMPOS DE ESCASEZ DE AGUA



Viña en regadío. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

## 01 Introducción

La agricultura de riego es la principal consumidora de agua dulce del Planeta. A nivel global, casi el 70 % del total del agua que el hombre destina a varios usos se utiliza en el regadío y en países semi-áridos como el nuestro, dicha cifra se acerca al 80 %, independientemente del nivel de desarrollo económico. Tanto en California como en países en desarrollo del Norte de África, el regadío representa la parte del león de todos los usos del agua. Explicar a una sociedad eminentemente urbana las razones por las cuales el regadío utiliza tanta agua, no es tarea fácil, pero es imprescindible para llegar a un entendimiento entre todos los usuarios del agua. Cuando se expone la vegetación a un ambiente necesariamente más seco, el agua de su interior se evapora en un proceso que se conoce como transpiración. Los cultivos transpiran a tasas muy elevadas; en verano pueden evaporarse diariamente hasta 7-8 litros por metro cuadrado. No debería sorprender por tanto, que para producir un kilo de trigo un cultivo evapore 500 litros y que un filete de 200 g equivalga a casi 1000 l de agua transpirada, cantidad muy superior a la que utilizamos en nuestra higiene diaria.

Al ser el riego el principal usuario, en épocas de sequía es normal mirar hacia él como fuente de

agua para utilizar en otros usos más prioritarios, como por ejemplo, el consumo urbano. La percepción en medios urbanos de que el regadío despilfarra agua no es del todo cierta, puesto que las pérdidas en el riego por escorrentía y filtración pueden recuperarse aguas debajo de donde se usan y de hecho se recuperan en buena medida dentro de la cuenca hidrográfica. En todo caso, en épocas de sequía se debe hacer un esfuerzo especial para ahorrar agua en el regadío e intentar liberar recursos para otros usos. A continuación, se dan unas directrices que pueden ser útiles para obtener el máximo rendimiento en el riego de un suministro de agua limitado por la sequía, lo que debe redundar en mitigar los efectos negativos de la sequía y en reducir el uso de agua de riego.

## 02 Maximizar la productividad del agua

Un objetivo importante cuando el agua es escasa, es intentar generar la mayor riqueza posible por cada  $m^3$  de agua usado. La productividad del agua (PA) se define como el valor de la cosecha por volumen de agua consumida y se mide en  $€/m^3$ . Los cultivos extensivos tradicionales como el maíz tienen los menores valores de PA, unos 0,4  $€/m^3$ . El olivo tiene un valor muy superior, más del doble, pudiendo llegar a unos 1.2  $€/m^3$ ,

al igual que otros frutales. Los mayores valores de la PA se encuentran en los cultivos de invernadero, donde la PA puede llegar a más de 6  $€/m^3$ , y naturalmente, el valor más alto se obtiene en el riego de campos de golf, donde un  $m^3$  puede generar más de 15€. Cuando el suministro de agua es insuficiente, resulta evidente que el mayor beneficio económico se obtendrá concentrando el agua en los cultivos de alta PA y este debe ser uno de los objetivos principales de la autoridad del agua, pero no el único.

## 03 Concentrar el agua disponible prioritariamente en los cultivos arbóreos

Si el suministro es insuficiente, la mayor prioridad correspondería a los cultivos perennes, o sea los frutales y la viña. Debe garantizarse su supervivencia, así como que los efectos de la sequía no afecten a la producción de años sucesivos, ya que las pérdidas económicas podrían ser demolidoras para los agricultores. Las mínimas cantidades de agua necesarias para alcanzar estos objetivos no se conocen bien aún y son objeto de investigación, pero se pueden dar ya unas cifras orientativas. Actualmente se investiga en el riego deficitario en frutales para reducir sus necesidades de riego sin afectar a la producción.

#### 04 En cultivos herbáceos, es preferible concentrar el agua en una menor superficie

En la gran mayoría de los cultivos herbáceos (maíz y otros cereales, alfalfa, patata, etc.) una reducción en la transpiración por debajo del máximo que dicta el clima local, representa una reducción del rendimiento. Como buena parte de los costes de producción son fijos por unidad de superficie, los beneficios máximos de una explotación se obtienen cuando el suministro de agua suficiente para que el cultivo no tenga reducciones notables en transpiración. Igualmente numerosas investigaciones han demostrado que la máxima PA se obtiene a tasas de transpiración cercanas a la máxima. Por tanto, cuando el suministro sea insuficiente para regar toda la finca, es preferible concentrarlo en menor superficie, aplicando del 70 al 90 % de las cantidades normales, dependiendo del sistema de riego empleado. Repartir el agua en mayor superficie con menor suministro unitario suele llevar a menores beneficios o incluso a pérdidas.

#### 05 Los métodos de riego deben ser lo más eficientes posible

El riego tradicional por superficie (a manta) se ha practicado con éxito durante siglos. Tiene ventajas, algunas de actualidad (es el método que consume menos energía, por ejemplo) pero cuando el agua escasea puede plantear inconvenientes, especialmente en algunos tipos de suelos. Al regar por inundación, el propio suelo controla la cantidad de agua que se infiltra, dependiendo de sus propiedades y es muy difícil aplicar pequeñas cantidades por estos métodos y controlar las filtraciones en suelos muy permeables o de propiedades variables. Por el contrario, en los métodos de riego a presión (aspersión o goteo) el regante decide la cantidad de agua



→  
**Cuando no hay suficiente agua, conocer cuales son las necesidades exactas de riego es fundamental para usar la escasa agua correctamente**

que se infiltra al regular el tiempo de riego. Ello le permite aplicar el volumen de agua requerido con mínimas pérdidas, si maneja el sistema de riego adecuadamente y dispone de la información precisa. Las pérdidas de agua por evaporación desde el suelo son elevadas cuando el suelo está expuesto y se riega con frecuencia, pero son muy pequeñas (5-10% del total de lo que transpira un cultivo) si el suelo está cubierto totalmente por el cultivo. La percepción de que el goteo ahorra agua al reducir la evaporación del suelo no es muy correcta, salvo en el caso de árboles muy jóvenes o plantaciones que cubran poco suelo. La mayor ventaja del riego por goteo es su capacidad de aplicar las cantidades necesarias con mucha precisión a la frecuencia deseada y con muy pocas pérdidas.

#### 06 Los regantes deben disponer de información sobre las necesidades de riego

Cuando no hay suficiente agua, conocer cuales son las necesidades exactas de riego es fundamental para usar la escasa agua correctamente. Hay redes de estaciones meteorológicas que ofrecen una información comarcal que debe adaptarse a las condiciones del riego de cada finca y parcela. Los esfuerzos en investigación de las últimas décadas ofrecen una batería de métodos y de sensores para determinar el momento óptimo del riego y la cantidad necesaria para aplicar. Hasta ahora, se usan poco porque cuando hay suficiente agua no existen incentivos para manejarla con precisión. En época de sequía, cualquier inversión en mejorar la programación de los riegos se paga con creces y puede cambiar el manejo del riego de forma permanente.

#### 07 Debe crearse y regularse el mercado del agua

Se ha demostrado que en situaciones de sequía es cuando el mercado del agua puede facilitar una mejor gestión del agua. Aunque no puede ser la panacea y las cantidades que son objeto de transacción suelen ser pequeñas, permite flexibilizar el uso y resolver problemas puntuales con un enfoque en el que todos ganan. La autoridad del agua debe ser el árbitro y el regulador del mercado, asegurando que la parte cedente no sale perjudicada y que la transacción es temporal. Los mercados del agua son la mayor protección para los cultivos arbóreos y para resolver situaciones extremas con flexibilidad. Naturalmente, es necesaria la conexión hidráulica para que el agua pueda intercambiarse. En la

sequía de California de los noventa, el mercado supuso un enorme alivio, aunque al final solo supuso el 2% del agua total de riego.

#### 08 Es momento de explotar las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas suponen en muchos casos una reserva que puede y debe explotarse cuando las superficiales escasean como consecuencia de la sequía. Lamentablemente, aún no se dispone de un conocimiento exacto de su disponibilidad en todas las zonas lo que limita su explotación de forma integrada con las superficiales. Sin embargo, donde haya suficiente conocimiento, es posible incrementar su uso en estos años, si la recarga se facilita en los años lluviosos.

#### 09 Es necesaria una planificación transparente y flexibilidad en el suministro

Los regantes deben saber con la máxima anticipación posible las expectativas de suministro para la campaña de riego. Igualmente, si hay restricciones, debe flexibilizarse el suministro de acuerdo con las necesidades de los regantes, las cuales dependerán de los cultivos, fechas de siembra, mercados, etc. La autoridad del agua debe hacer un esfuerzo especial en ofrecer información en tiempo real de la situación y en consensuar las decisiones que se tomen para manejar la escasa agua que se destine al riego. La rigidez de los turnos de riego en redes colectivas es otra limitación al uso eficiente del agua que puede paliarse con la construcción de pequeños embalses locales o balsas en las fincas.

Hay muchas otras medidas complementarias de las anteriores que pueden paliar las dificultades a las que se enfrentan los regantes en años de sequía como el actual. Casi todas ellas pueden ser igualmente convenientes para manejar el agua de riego en épocas de suministro normal y es bien sabido que la práctica del riego mejora de forma permanente después de una sequía. ¡Aprovechemos la oportunidad que se nos brinda!

#### 10 Autor



**Fereres, Elías**  
 Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC  
 y Universidad de Córdoba  
 Académico Numerario de la Real Academia  
 de Ingeniería  
 ag1fecae@uco.es

# MANEJO DEL RIEGO DEL MANZANO EN CONDICIONES DE SEQUÍA EXTREMA



Para un riego eficiente es importante determinar dónde se sitúa el agua en el suelo.  
Fotografía: IRTA Tecnología del Riego



Equipo tomando datos sobre el estado hídrico del manzano durante el ensayo.  
Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

## 01 Introducción

El manzano es un cultivo de los que generalmente denominamos poco resistentes a la falta de agua o al déficit hídrico severo, ya que en cualquier momento de su ciclo anual los efectos directos de la falta de agua sobre el crecimiento del fruto son irreversibles y a la larga repercuten sobre la productividad de los años siguientes.

Una muestra de esta característica es la gran dificultad que siempre ha existido para aplicar en manzano estrategias de riego deficitario controlado (RDC), puesto que no se ha encontrado hasta el momento ningún período en el que la reducción de agua de riego no afecte de forma muy importante al crecimiento del fruto.

Por otro lado, el manzano es uno de los principales cultivos de fruta dulce en Catalunya y en el Valle del Ebro, donde siempre se han podido aplicar dotaciones importantes de agua de riego. Esta situación de disponibilidad de agua de riego para evitar déficits hídricos severos en el manzano se ha visto amenazada en los cuatro episodios de sequía que se han producido en los últimos quince años.

Con estos antecedentes, era necesario saber cómo afrontar un período de restricciones hídricas

en el cultivo del manzano, para poder aconsejar a los productores de manzana si en alguna ocasión se presentaba una situación de sequía importante. Así, en el año 2002, el IRTA inició un proyecto de investigación orientado a determinar la mejor estrategia de riego para, en condiciones de sequías importantes, reducir los efectos negativos sobre la producción del año en curso y la de los años posteriores. Este proyecto fue parcialmente financiado por el INIA (RTA02-070-C02).

## 02 Los escenarios estudiados

El trabajo planteaba dos escenarios de sequía: 50% y 33% de disponibilidad de agua de riego (en el global del período de riego), respecto al 100% que sería la dotación requerida para cubrir la demanda de agua del cultivo.

Al tratarse de un cultivo leñoso y caducifolio, los dos escenarios de 50% y 33% corresponderían a condiciones extremas o muy extremas de sequía.

Se trata en los dos casos de situaciones previstas (antes de empezar la campaña de riego ya se conocían las limitaciones globales de toda la campaña) y los cálculos de agua aplicada se pueden hacer de forma global para todo el período anual de riego, por tanto, se puede aplicar el agua en

cualquier momento, con la única limitación de no pasarse del 50% o del 33% de la que se aplique en un año normal.

Finalmente, el trabajo se ha planteado utilizando sistemas de riego localizado, puesto que es el sistema más eficiente. Por tanto, las dotaciones óptimas del tratamiento de referencia garantizan que no hay limitaciones hídricas en el cultivo. No obstante, algunas de las conclusiones del trabajo son transferibles a cualquier tipo de riego, si se corrige según la eficiencia de aplicación del sistema de riego al que se quieran aplicar.

## 03 El diseño experimental

El ensayo se realizó desde el 2002 al 2005, en una parcela de manzano (cv "Golden Smothee", polinizada por "Gala", en los dos casos sobre M9) plantada en el año 1999 en un marco de 4 x 1,6 m, orientada N-S, y que ocupa una superficie aproximada de 0,5 ha.

### Los tratamientos a estudiar fueron:

#### 1. Tratamiento Control (C):

Aplicar el 100% de los requerimientos hídricos del manzano. En este caso se disponía del lisímetro de pesada en la propia parcela,

TRT	Agua aplicada en Riego	
	(mm)	% Control
Control	643	100
RP 33	199	31
RDC 33	228	35
RSM 33	209	32
RP 50	292	45
RDC 50	334	52
RSM 50	327	51

Tabla 1. Agua de riego aplicada a cada tratamiento (Promedios de los tres años 2003-04-05).

por lo tanto no era difícil comprobar que los árboles del tratamiento Control estaban bien regados.

**2. Tratamiento de Riego de Primavera (RP):**

Llenar el perfil del suelo en primavera aplicando un riego inicial de 80 mm, y el resto del agua aplicarla en base a un factor reductor del Control, fijo a lo largo del año. Como teníamos dos escenarios, se establecieron dos tratamientos:

- a. RP-33
- b. RP-50

**3. Tratamiento de Riego Deficitario Controlado (RDC):**

A pesar de que con RDC en manzano no se habían obtenido tan buenos resultados como en otros cultivos (melocotonero, por ejemplo) era evidente que en una situación como la analizada era necesario estudiarlo. También había dos tratamientos:

- a. RDC-33
- b. RDC-50

**4. Tratamiento de RDC con reducción de la superficie mojada (RSM):**

El objetivo de este tratamiento era evaluar qué efecto tendría reducir el número de goteros por árbol (pasar de 2 a 1 gotero por planta). La finalidad era disminuir la evaporación del agua desde el suelo, ya que con la mitad de goteros habría una reducción importante de la superficie mojada del suelo. También había 2 tratamientos:

- a. RSM-33
- b. RSM-50

Por tanto se plantearon 7 tratamientos de riego, repetidos 4 veces en la parcela experimental, que resultó en 28 parcelas elementales. Cada

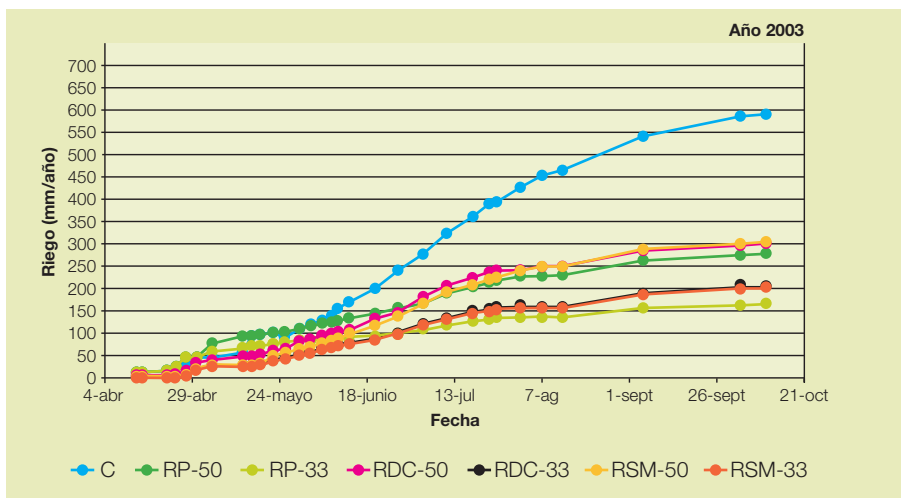


Figura 1. Evolución estacional del agua de riego aplicada a cada tratamiento de riego durante el año 2003.

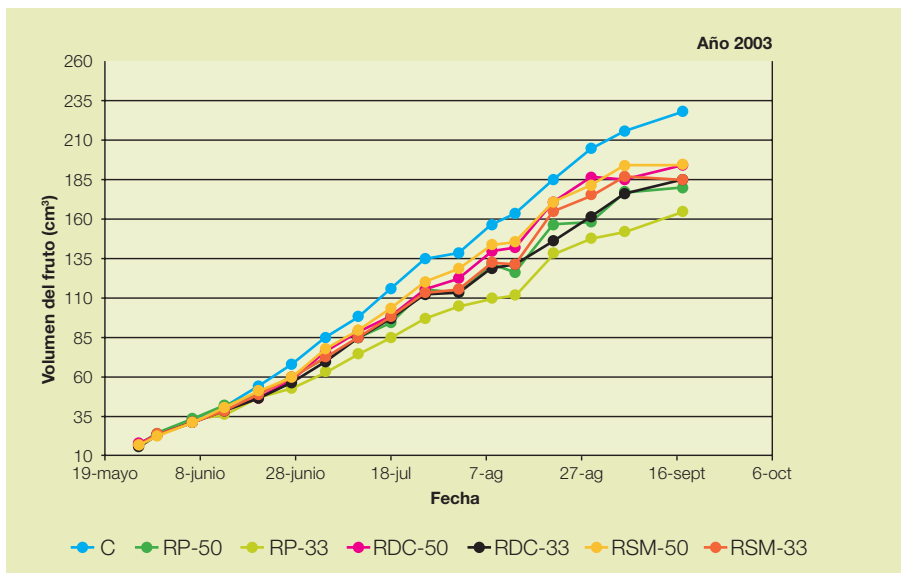


Figura 2. Evolución estacional del crecimiento de la manzana como respuesta a los diferentes tratamientos de riego aplicados durante el año 2003.

una de ellas estaba formada por 18 árboles (3 filas de 6 árboles cada una), y los 4 centrales se utilizaron como controles.

**04 Los resultados**

El agua aplicada en cada tratamiento durante los años de ensayo se ajustó a la previamente definida, aportando como media de los distintos

años unos 640 mm/año en el tratamiento Control, aproximadamente unos 213 mm/año para el escenario 33% y 319 mm/año para el escenario 50% (tabla 1); y la evolución estacional de cada año define claramente la estrategia aplicada, como muestra la Figura 1.

El crecimiento del fruto se vio afectado por los distintos tratamientos aplicados (Figura 2), de tal

TRT	Producción			NFA	PMF
	Total	Comercial	% Control		
Control	69.4 a	49.0 a	100	258	172.6 a
RP 33	48.9 cd	16.6 d	34	262	121.1 d
RDC 33	52.7 cd	20.5 d	42	257	131.9 cd
RSM 33	54.9 bcd	31.3 c	64	253	140.7 c
RP 50	47.4 d	20.6 d	42	227	133.3 cd
RDC 50	57.2 bc	31.2 c	64	259	142.5 c
RSM 50	62.4 ab	40.5 b	83	257	157.0 b

Tabla 2. Análisis de los efectos sobre la producción de los diferentes tratamientos de riego aplicados al manzano durante el año 2003. NFA= Número de frutos por árbol / PMF = Peso medio del fruto (g)

forma que desde las primeras semanas de crecimiento los frutos del tratamiento RP-33 eran los más pequeños y los del Control los más grandes. Al final del ciclo de crecimiento se podían diferenciar los tratamientos RP como los más afectados en cuanto al crecimiento del fruto.

En la cosecha, la producción se vio muy condicionada por los tratamientos aplicados. Así, el primer año de ensayo (Tabla 2) la producción comercial (aquella en la que los frutos presentaban un diámetro superior a 70 mm) de los tratamientos RP (para ambos escenarios) eran los más afectados (reducciones del 66% y 58% respecto al Control), mientras que las producciones de RSM-50 eran sólo un 17% inferiores al Control. En este primer año el factor que condicionó más las producciones fue el peso del fruto, como puede verse en la Tabla 2.

Tanto en el año 2004 (Tabla 3) como en el 2005 (Tabla 4), los efectos de los distintos tratamientos sobre la producción fueron evidentes y consistentes con los resultados del primer año, sólo que en estos años el número de frutos totales por árbol ya se mostraba afectado por los tratamientos de riego aplicados en el año anterior.

El análisis conjunto de la producción de los tres años de ensayo (Tabla 5) pone en evidencia, especialmente en el caso de la producción comercial, que los tratamientos de RP se ven muy afectados, tanto por la disminución del peso medio del fruto (ver detalles en Tablas 2, 3 y 4) como por la reducción del número de frutos comerciales (diámetros > 70 mm) respecto a los frutos totales del árbol. Por ejemplo, en RP-33 observamos que de 261 frutos que se recogen por árbol, sólo 99 son de medida comercial (un 38%), mientras que en Control la relación es de más del 80%.

Por otro lado, los tratamientos RSM son los que presentan los mejores resultados productivos dentro de cada escenario, de tal forma que RSM-50 y RSM-33, tras tres años consecutivos de aplicación de los tratamientos, sólo han disminuido las producciones en un 14% y 28%, respectivamente.

## 05 Comentarios sobre los resultados del ensayo

Este trabajo ha demostrado la importancia que el manejo del riego puede tener en la producción de los frutales, y en este caso en la del manzano. Una buena fotografía de los resultados puede ser la Figura 3, donde se pone de manifiesto que para

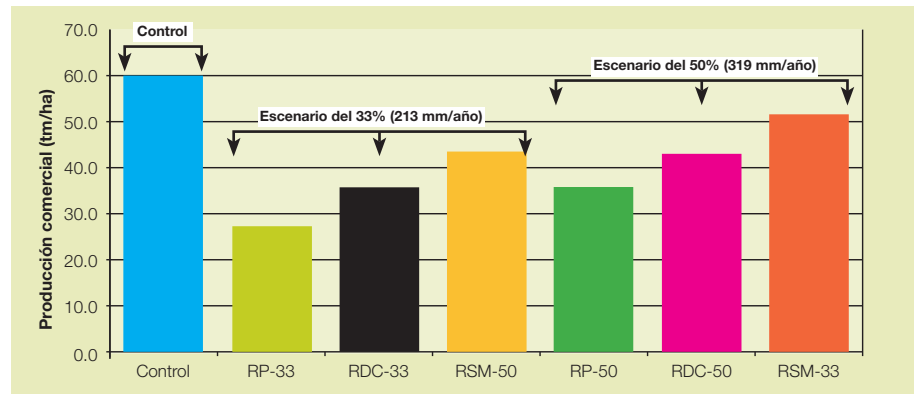


Figura 3. Respuesta productiva comercial media de los tres años de ensayo de los diferentes tratamientos y escenarios de riego.

un mismo escenario, según como se distribuya el agua a lo largo del tiempo, o de cómo se programe el riego, o de las características del sistema de riego, se puede llegar a resultados productivos muy distintos.

Los efectos más negativos que presentan los tratamientos RP se deben a que al aplicar 80 mm en primavera se moja el suelo a una profundidad que no exploran las raíces del manzano. Hay que tener

en cuenta que estos árboles están sobre M9, un pie de poco vigor y con un sistema radicular que no baja más de 30 cm en el suelo, y los 80 mm aplicados llegan a mojar casi 1 m de profundidad, por tanto es agua perdida.

El efecto más interesante, no obstante, es la diferencia productiva entre los tratamientos RDC y RSM: en los dos casos se aplica la misma estrategia de riego y el mismo calendario, es decir, cada

TRT	Producción			NFA	PMF
	Total	Comercial	% Control		
Control	42.5 ab	37.3 a	100	141 b	202.1 a
RP 33	50.3 a	22.2 b	60	245 a	133.1 c
RDC 33	52.7 a	26.0 b	70	244 a	146.4 c
RSM 33	47.1 a	36.6 a	98	178 b	172.6 b
RP 50	34.1 b	27.8 ab	75	126 b	181.7 ab
RDC 50	42.3 ab	32.1 ab	86	161 b	187.1 ab
RSM 50	41.7 ab	36.0 a	97	144 b	195.6 a

Tabla 3. Análisis de los efectos sobre la producción de los diferentes tratamientos de riego aplicados al manzano durante el año 2004.

TRT	Producción			NFA	PMF
	Total	Comercial	% Control		
Control	97.2 a	92.0 a	100	314	199.2 a
RP 33	63.1 c	38.1 d	41	275	147.5 d
RDC 33	70.2 cd	55.1 c	60	272	164.2 d
RSM 33	79.1 bc	58.7 c	64	313	167.2 c
RP 50	73.4 cd	57.3 c	62	285	164.6 c
RDC 50	76.2 bc	62.1 c	68	291	171.3 bc
RSM 50	86.1 b	75.9 b	83	305	181.8 b

Tabla 4. Análisis de los efectos sobre la producción de los diferentes tratamientos de riego aplicados al manzano durante el año 2005.

TRT	Producción			NFA	
	Total	Comercial	% Control	Total	Comercial
Control	69.7 a	60.1 a	100	238 ab	191 a
RP 33	54.1 bc	27.3 d	45	261 a	99 d
RDC 33	58.5 bc	35.6 c	59	258 a	126 cd
RSM 33	60.4 bc	43.1 c	72	248 ab	153 bc
RP 50	51.6 c	35.8 c	60	213 b	125 cd
RDC 50	58.8 bc	42.7 c	71	237 ab	149 bc
RSM 50	63.4 ab	51.5 b	86	235 ab	173 ab

Tabla 5. Análisis de los efectos sobre la producción de los diferentes tratamientos de riego aplicados al manzano durante el período 2003-2005. Comparación de medias según el test de Duncan para  $\alpha = 0.05$ . TRT: Tratamientos o niveles de estrés hídrico. NFA: número de frutos por árbol; Producción: Producción por ha (tm/ha); PMF: Peso medio del fruto (g). Total: Producción total; Comercial: Producción con calibres > 70.



La radiación interceptada por las plantas es un buen indicador de la demanda de riego. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego



Cosecha del ensayo. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego



La disponibilidad de agua de riego para evitar déficits hídricos severos en el manzano se ha visto amenazada en los cuatro episodios de sequía que se han producido en los últimos quince años



El trabajo ha puesto en evidencia la importancia que tiene en casos de restricciones hídricas saber dónde va cada gota de agua que se aplica

día de riego reciben los mismos litros por árbol. Aún y así, las producciones son bien distintas: 35,6 t/ha frente a 43,1 t/ha de producción comercial en el escenario del 33% y 42,7 t/ha frente a 51,5 t/ha en el escenario del 50% (Tabla 5, Figura 3). En los dos escenarios hay un aumento de producción comercial del 21% al pasar de RDC a RSM.

La única diferencia entre RDC y RSM fue que el RDC tenía dos goteros por árbol y RSM sólo un gotero por árbol. Cuando se riega con alta frecuencia cada día, como se hacía en esta parcela, el hecho de tirar poco agua en cada gotero implica que el agua penetra poco en el suelo y que hay una gran parte del agua en las capas superiores del mismo y, por tanto, muy expuestas a la evaporación directa. Eliminar un gotero por planta supuso reducir la superficie mojada del suelo casi a la mitad y, como consecuencia, reducir drásticamente la evaporación, y poner a disposición de la planta más cantidad de agua, que dada la situación de restricción (escenarios del 33% y 50%) resultó muy productiva.

El trabajo no demuestra si el agua aplicada al tratamiento Control es la que requiere el manzano en las condiciones de ensayo, y todos los indicios apuntan a que el tratamiento Control se regó con más agua de la requerida por el cultivo. No obstante, el objetivo del trabajo era disponer de un tratamiento de referencia con la planta con un buen estado hídrico, y esto sí que es lo que se obtiene en el Control.

## 06 Consideraciones finales sobre el manejo del agua en condiciones de sequía

El trabajo ha puesto en evidencia la importancia que tiene en casos de restricciones hídricas sa-



La evolución del crecimiento del fruto es siempre un buen indicador para el manejo del riego. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

ber dónde va cada gota de agua que se aplica; tanto evitando pérdidas poniendo el agua allí donde no hay raíces, como reduciendo las pérdidas por evaporación directa.

Otra forma de reducir las pérdidas por evaporación es no regar cada día, sino hacerlo con una frecuencia inferior (cada 3-4 días) y asegurarse de que se moja en profundidad hasta allí donde hay raíces (unos 30-40 cm si se utilizan pies como el M9 en manzano). De esta forma las pérdidas por evaporación se podrían reducir considerablemente, aunque en situaciones de sequía extrema como las aquí analizadas la eliminación de un gotero por planta parece la mejor de las opciones.

## 07 Autores



**Girona, Joan**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
joan.girona@irta.cat



**Mata, Mercè**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
merce.mata@irta.cat



**Del Campo, Jesús**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
jesus.delcampo@irta.cat



**Marsal, Jordi**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
jordi.marsal@irta.cat



# ASPECTOS SOBRE LA APLICACIÓN DEL ACLAREO DE FRUTA COMO TÉCNICA DE MITIGACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO EN PERAL



Vista general del ensayo en peral. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

## 01 Introducción

En un escenario en el que se agotan las reservas de agua de riego, el productor de fruta se puede preguntar qué métodos de intervención se pueden aplicar para garantizar el máximo productivo posible. En el caso de que se pueda continuar regando, aunque a dosis reducidas, las intervenciones más adecuadas son sobre el sistema y diseño agronómico del riego para aumentar su eficiencia. Cualquier método que ayude a reducir la superficie mojada del suelo ayuda a reducir la evaporación y aumenta su eficiencia. Si ya se utilizan sistemas de riego muy eficientes como el de goteo, todavía se puede aumentar más su eficiencia reduciendo el número de emisores por árbol (Girona et al., 2008). Otras medidas evidentes pasan por una revisión detallada del sistema de riego en cuanto a homogeneidad en la distribución de presiones y caudales en los ramales. En el caso de que se pueda almacenar el agua de riego a nivel de finca, entonces el uso de técnicas de riego deficitario controlado o similares también pueden ser interesantes, ya que el agua ahorrada en una estación se puede utilizar en la otra.

Del mismo modo, cuando la escasez de agua resulta tan severa que los cortes de riego durante

el ciclo de desarrollo del cultivo son lo único posible e inexorable, existen dos posibles técnicas de cultivo que todavía se pueden aplicar. Son la poda de verano intensiva y el aclareo de fruta. En el siguiente artículo en melocotonero (Lopez et al., 2008) se ha puesto de manifiesto el interés de aplicar aclareo de fruta durante las fases de desarrollo del fruto. Esto se debe a que la mejora por la eliminación de fruta muchas veces revierte sobre la mejora en el estado hídrico del árbol. Se entiende que este aclareo se propone como posterior al aclareo estándar que se hace a principios de primavera en muchos frutales. Por otro lado, se desconocen los mecanismos de actuación del aclareo de fruta sobre la mejora del estado hídrico del árbol y, por descontado, si esta ventaja es indefinida o tiende a desaparecer en el tiempo.

## 02 Mecanismos de actuación del aclareo de fruta sobre la mejora del estado hídrico

En los estudios que se están realizando en peral cv. 'Conference', se ha comprobado que la eliminación de fruta en el árbol reduce de forma clara y sostenida el grado de apertura de los estomas (Marsal et al., 2008), y que esto se relaciona con reducciones en la transpiración del

árbol. La bajada de transpiración foliar explicaría, al menos en parte, el porqué de las mejoras en el estado hídrico del árbol (Figura 1) y el mayor nivel de conservación de agua en el suelo que se observa cuando se clarea la fruta (Figura 2;



La eliminación de fruta en el árbol se relaciona con reducciones en la transpiración foliar

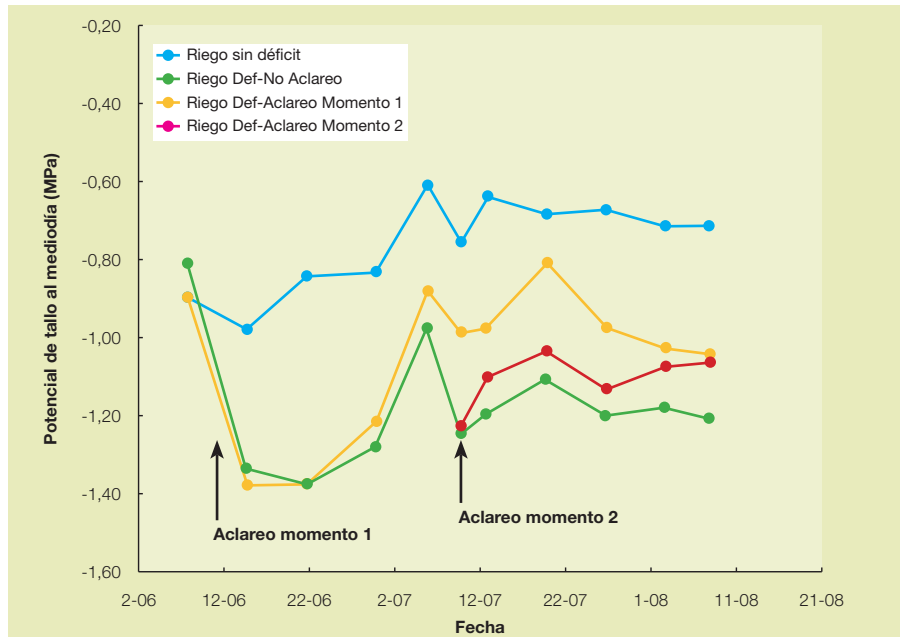


La bajada de la transpiración foliar explicaría las mejoras en el estado hídrico del árbol. Esta mejora se traduce en un incremento en los niveles de crecimiento del fruto

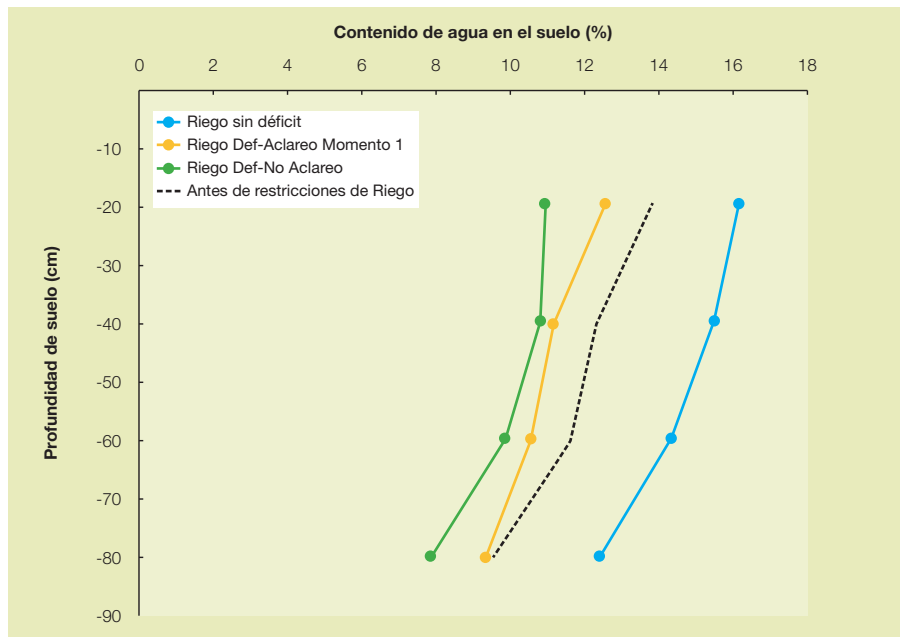


**Fotografía 1.** Medición de contenido de agua gravimétrico en respuesta a los tratamientos de riego y aclareo de fruta mediante barrenas a diferentes profundidades. Foto: IRTA Tecnología del Riego

**Fotografía 2.** Aspecto de suelo después de la aplicación de subsolado para la poda de raíces en la parcela de ensayo. Foto: IRTA Tecnología del Riego



**Figura 1.** Evolución semanal de la medida del estado hídrico del árbol (potencial hídrico de tallo al mediodía) en respuesta a un riego sin déficit con carga comercial (150 frutos/árbol) y a un riego deficitario (Riego Def) muy restrictivo donde se ha aplicado aclareo de fruta (de 150 a 50 frutos/árbol) en dos momentos diferentes (momento 1 y momento 2) separados en un mes de tiempo, durante la fase II de desarrollo del fruto.



**Figura 2.** Contenido gravimétrico de agua en el suelo después de dos meses de aplicación de un riego sin déficit con carga comercial y en un riego deficitario muy restrictivo donde se ha aplicado aclareo de fruta (de 150 a 50 frutos/árbol) durante la fase II de desarrollo del fruto.

Fotografía 1). Al final, el resultado de esta mejora en el estado hídrico se traduce en un incremento en los niveles de crecimiento del fruto y calibres en la cosecha (Figura 3). En este sentido, el aclareo parece ser un factor tan crítico que cuando se comparan diferentes momentos de aclareo, un retraso en el mismo (momento 1 comparado con momento 2 en las Figuras 1 y 3) supone una oportunidad que se pierde de producir un mayor beneficio sobre el crecimiento del fruto (Figura 3). Por otro lado, parece que la respuesta beneficiosa del aclareo también podría ser causada por el tipo de respuesta que se puede presentar a nivel de raíz. Se ha podido comprobar en este mismo estudio mediante tratamientos de poda de raíz que el aclareo de fruta incide sobre la capacidad de la raíz de producir una cierta recuperación del estado hídrico del árbol, que va ligado a una mayor producción de raíz nueva (Fotografía 2). Este tipo de respuesta, sin embargo, parecer ser de carácter transitorio y no se extiende en más de un mes de duración. Este hecho se ha relacionado con la respuesta durante las primeras semanas después del aclareo, caracterizada por una mejora sostenida del estado hídrico del árbol (Figura 1) (Marsal et al., 2008).

### 03 Patrones de mejora del estado hídrico

El estudio que se resume en este artículo ha permitido determinar que la mejora en el estado hídrico del árbol ligada al aclareo de fruta no es constante después de la eliminación de los frutos. Esta mejora se presenta inicialmente de forma progresiva desde cero, el mismo día del aclareo, hasta llegar a un máximo, que se alcanza a partir del mes después del aclareo. A partir del mes, esta ventaja tiende a decrecer suavemente (Figura 4). A pesar de esta fluctuación en el tiempo, parece que las mejoras en el estado hídrico del árbol se mantienen funcionales, al menos a 2 meses vista, que es el máximo evaluado en este estudio (Figura 4). Estos tipos de evolución en el tiempo nos

sugieren que es relevante plantearse la pregunta sobre cuál es el momento idóneo para aclarar con el fin de conseguir el máximo beneficio.

### 04 Aplicaciones prácticas

A causa de que tarda al menos 2 semanas en manifestarse de forma evidente una mejora en el estado hídrico del árbol después de aclarar la fruta, parece lógico aconsejar que la intervención de aclareo como técnica de mitigación del estrés hídrico se haga con antelación a la aparición de las restricciones de riego. El nivel de aclareo a aplicar sería en función del nivel de estrés hídrico que ha experimentado el árbol. Por ejemplo, y en un contexto hipotético, en el caso de que las restricciones de riego fueran de una duración superior al mes, convendría al menos rebajar la carga comercial del árbol a la mitad. Es evidente, por lo tanto, que antes de plantear una intervención de aclareo de fruta hay que disponer de previsiones de cual es el momento más probable de la aparición de las restricciones de riego y de su duración. Dicha información debería estar disponible con un plazo de más de tres semanas de antelación a la aparición de los cortes de riego. De todas formas, la información de la que se dispone en este momento sobre la intensidad de aclareo más idónea es muy incipiente y hay que continuar realizando más estudios para poder afinar el nivel de aclareo a la intensidad y duración del estrés hídrico previsto para optimizar al máximo la producción comercial.

### 05 Bibliografía

LOPEZ et al. (2008): Mitigació de sequera en presseguer mitjançant tècniques culturals: esporga d'estiu i aclarada de fruits. Dossier tècnic 30: 12-14.

MARSAL et al. (2008): Factors involved in alleviating water stress by partial crop removal in pear trees. Tree Physiology 28: 1375-1382.

### 06 Autores



**Marsal, Jordi**  
 Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
 jordi.marsal@irta.cat



**Lopez, Gerardo**  
 Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
 gerardo.lopez@irta.cat



**Mata, Mercè**  
 Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
 merce.mata@irta.cat



**Girona, Joan**  
 Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego. Centre UdL-IRTA, Lleida.  
 joan.girona@irta.cat

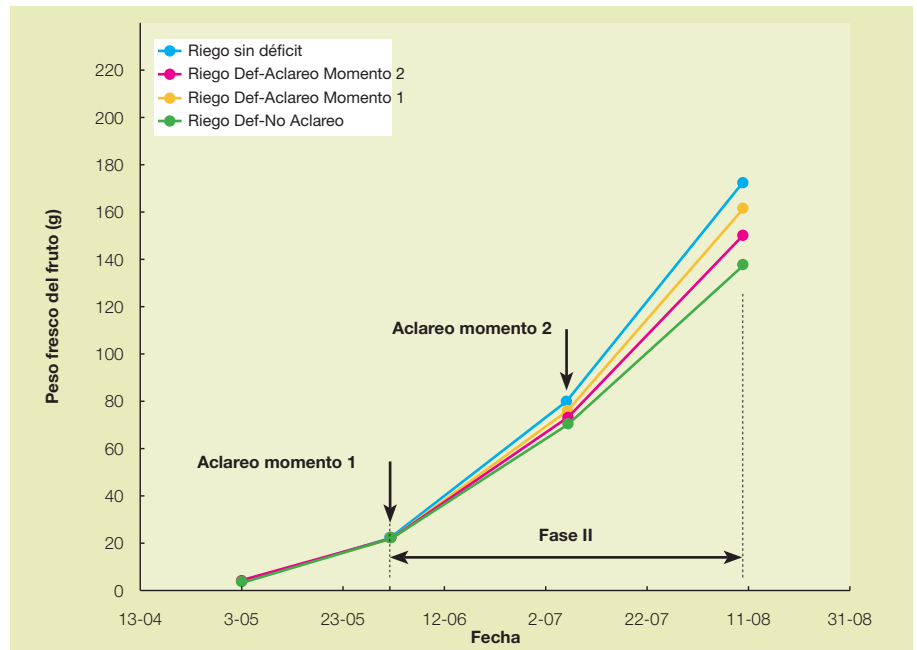


Figura 3. Evolución mensual del peso fresco del fruto en respuesta a un riego sin déficit con carga comercial (150 frutos/árbol), y en un riego deficitario (Riego Def) muy restrictivo donde se ha aplicado aclareo de fruta (de 150 a 50 frutos/árbol) en dos momentos diferentes (momento 1 y momento 2) separados en un mes de tiempo, durante la fase II de desarrollo del fruto.

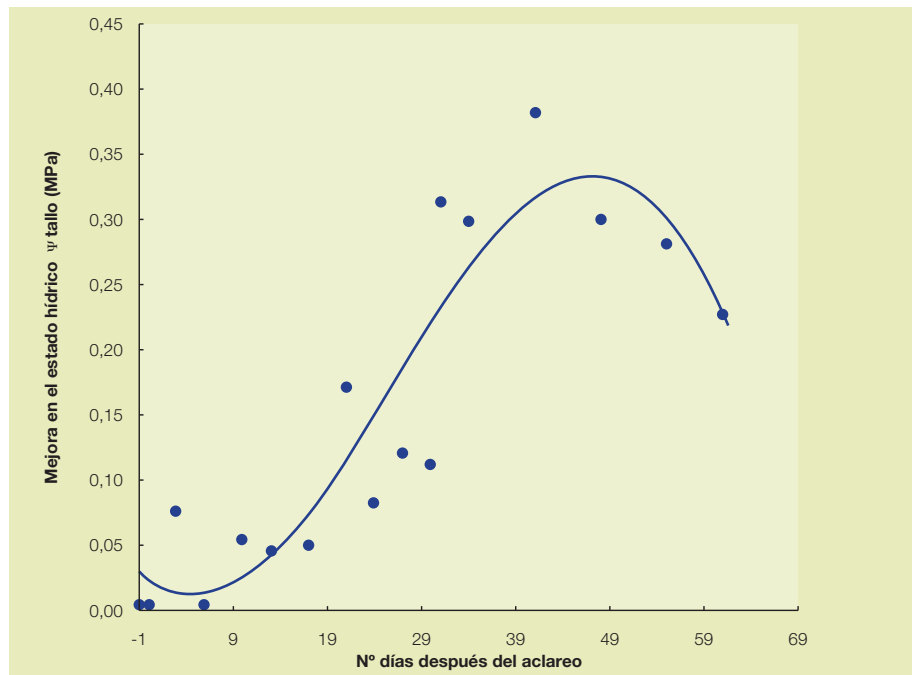


Figura 4. Evolución diaria de la mejora del estado hídrico del árbol (potencial hídrico de tallo al mediodía, Ψ tallo) a partir del momento en el que se ha realizado el aclareo de fruta.



Se aconseja que la intervención de aclareo como técnica de mitigación de estrés hídrico se haga con antelación a la aparición de las restricciones de riego

# MITIGACIÓN DE SEQUÍA EN MELOCOTONERO MEDIANTE TÉCNICAS CULTURALES: PODA DE VERANO Y ACLAREO DE FRUTOS



Fotografía 1. Vista general del ensayo situado en una parcela comercial de la empresa RIO CINCA.

## 01 Introducción

Distintas plantaciones de frutales han sufrido últimamente cortes de riego importantes a finales de



La poda severa de verano no es una técnica interesante para mitigar los efectos negativos de una sequía, ya que no produce ningún beneficio sobre el crecimiento del fruto



El aclareo de frutos es una técnica recomendable bajo condiciones en las que no se pueden obtener los calibres comerciales deseados, como en el caso de una sequía.

verano a causa de la sequía y a su efecto sobre el nivel de los embalses en Catalunya (ejemplo: verano/otoño 2006, canal Aragón-Catalunya). Ante una restricción de riego prolongada, los fruticultores deberían aplicar medidas para mitigar los efectos negativos que provoca el estrés hídrico sobre el crecimiento del fruto.

Los efectos negativos de una sequía podrían aligerarse reduciendo el consumo de agua del árbol. Una disminución considerable en el consumo de agua del árbol podría mitigar el agotamiento de agua en el suelo y finalmente beneficiar el crecimiento del fruto (Li et al., 2003). Como el punto de pérdida de agua en un árbol es a través de la superficie foliar, una técnica de mitigación a aplicar sería una poda severa de verano. Por otro lado, los frutos también son importantes consumidores de agua. Por tanto, la reducción en su número después de la aplicación de un aclareo intensivo también podría considerarse como una técnica adecuada. Del mismo modo, es comprensible que el fruticultor se pregunta cuál de las dos técnicas planteadas puede producir un beneficio superior sobre el crecimiento del fruto en condiciones de sequía. Para resolver la pregunta anterior se realizó un experimento de sequía en

melocotonero. Bajo las mencionadas condiciones se evaluaron los efectos de una poda severa de verano y un aclareo de frutos intensivo sobre el crecimiento del fruto.

## 02 Características del ensayo

El ensayo se realizó durante los años 2003 y 2004 en una parcela de melocotonero 'O'Henry' situada en Zaidín (Huesca) (Fotografía 1). Dos meses antes de la cosecha se cortó el riego de los árboles, simulando una situación de sequía (únicamente se aplicaron riegos de supervivencia cuando se observó marchitamiento aparente de las hojas). Después del corte de riego se aplicaron dos técnicas culturales: poda severa de verano y aclareo de frutos intensivo. La poda aplicada simuló una poda de invierno y eliminó un área foliar muy superior a la de una poda de verano estándar. El aclareo de frutos supuso una reducción del 40% de la carga comercial del árbol. Una vez aplicadas las técnicas culturales se evaluó semanalmente el estado hídrico del árbol mediante el uso de una cámara de presión (Fotografía 2). En el momento de la cosecha se determinaron los siguientes parámetros productivos:

Efectos analizados	Carga del árbol (número de frutos)	Peso del fruto (g)	Producción total (kg)	% frutos >60 mm	Producción comercial (kg)
<b>Riego</b>					
Riego óptimo	359	147	52.7	100	52.7
Supresión de riego	356	91	32.4	41	13.2
<b>Prácticas de mitigación bajo condiciones de sequía (Supresión de riego)</b>					
Sin intervención	356	91	32.4	41	13.2
Poda severa de verano	349	84	29.3	35	10.2
Aclareo de frutos intensivo	230	105	24.1	78	18.8

Tabla 1. Parámetros productivos obtenidos en la cosecha del año 2003.

carga del árbol, peso medio del fruto, producción total y calibre de los frutos cosechados.

### 03 Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento del fruto

El corte de riego durante la fase final del crecimiento del fruto (duración de 2 meses) produjo un efecto negativo sobre el estado hídrico del árbol (Figura 1) y limitó su crecimiento (Fotografía 2; Tabla 1). Bajo estas condiciones sólo una pequeña parte de los frutos recolectados podría haber sido comercializada (Tabla 1). Por tanto, al fruticultor le interesaría aplicar técnicas que le permitan recuperar parte de la producción perdida.

### 04 Poda de verano como técnica de mitigación de sequía

La poda severa de verano bajo condiciones de sequía produjo una mejora en el estado hídrico del árbol (Figura 1). Como una mejora en el estado hídrico tiene un efecto positivo en el crecimiento del fruto (Shackel 2007), podría esperarse que el crecimiento del fruto de árboles podados fuera superior al de árboles sin podar. Sin embargo, no se observó ningún beneficio en el peso final del fruto en árboles podados (Tabla 1). Se ha constatado que la reducción en la superficie foliar del árbol después de la aplicación de la poda severa provocó una limitación en la capacidad fotosintética total de los árboles, reduciendo la capacidad de crecimiento de los frutos (Lopez et al., 2006).

### 05 Aclareo de fruta como técnica de mitigación de sequía

El aclareo de frutos intensivo bajo condiciones de sequía mejoró el estado hídrico del árbol (Figura 1), aumentó el peso final del fruto (Tabla 1) y el porcentaje de frutos clasificados en categorías superiores (Tabla 1; Figura 2). En el año 2003, los árboles que recibieron un aclareo intensivo, a pesar de tener los niveles más bajos de pro-



Fotografía 2. Medida del estado hídrico del árbol (potencial hídrico de tallo al mediodía solar) con una cámara de presión. El procedimiento realizado para medir el potencial hídrico del árbol es el siguiente: en primer lugar, se selecciona una hoja del árbol y se pone en una cubierta plástica recubierta de aluminio durante una hora. Una vez que el potencial de hoja se equilibra con el del tallo, se corta el peciolo en el punto de inserción en el tronco. La hoja se introduce en la cámara de presión y se le aplica presión con nitrógeno gaseoso hasta que la presión aplicada a la hoja iguala la tensión negativa con la que el agua está retenida en el interior de la hoja antes del corte. El valor obtenido es el potencial hídrico del tallo.

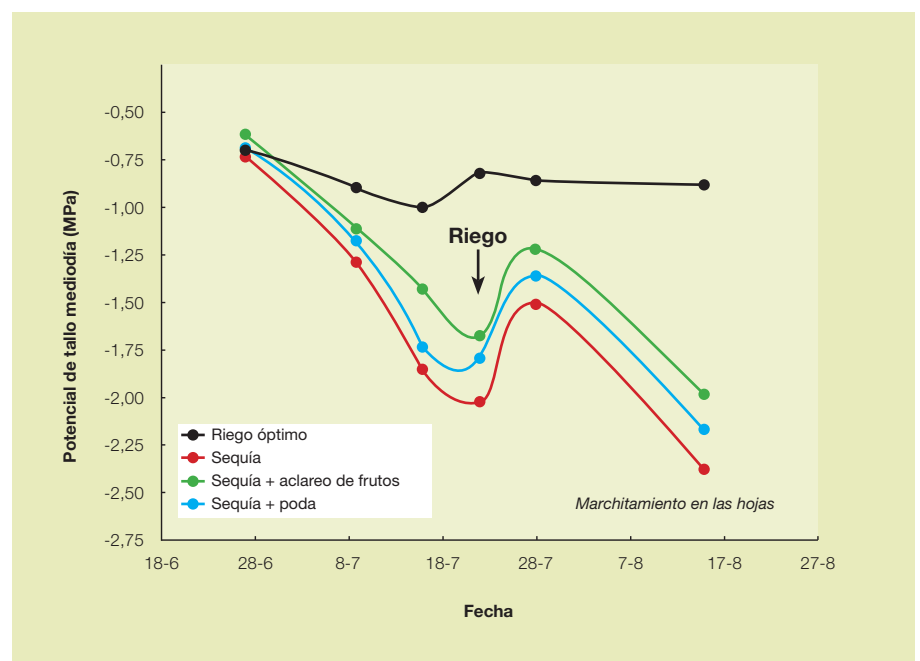


Figura 1. Evolución estacional del estado hídrico del árbol durante la fase final del crecimiento del fruto en el año 2003. El estado hídrico del árbol se expresa como potencial hídrico de tallo al mediodía solar. Como más negativo es el valor de potencial hídrico de tallo, mayor es el estrés hídrico del árbol. Valores inferiores a -1,8 MPa provocaron marchitamiento aparente en las hojas.

ducción total, obtuvieron mayores niveles de producción comercial que árboles podados y sin clarear (Tabla 1). Este efecto beneficioso sobre la producción comercial se explicó por una mayor producción de frutos con calibres comerciales (Tabla 1). El resultado anterior se corroboró al año siguiente (2004). Al evaluar la distribución de calibres de árboles bajo condiciones de sequía, los mejores resultados se produjeron al reducir

la carga de frutos de niveles comerciales (250 frutos produjeron 11,5 kg comerciales) a niveles de carga bajos (160 frutos produjeron 24,2 kg comerciales) (Figura 2). Una reducción superior en el número de frutos (70 frutos/árbol), a pesar de presentar el máximo porcentaje de frutos clasificados en categorías superiores (Figura 2), no aportó el máximo beneficio en la capacidad productiva del árbol (21 kg comerciales). El re-

sultado anterior indica que al aplicar un aclareo de frutos es necesario establecer un equilibrio óptimo entre el tamaño del fruto producido y los kilogramos comerciales producidos. En nuestro caso, el equilibrio óptimo se obtuvo al reducir la carga comercial en un 40%.

## 06 Conclusiones

La poda severa de verano no es una técnica interesante para mitigar los efectos negativos de una sequía, ya que no produce ningún beneficio sobre el crecimiento del fruto.

El aclareo de frutos intensivo bajo condiciones de sequía produjo un beneficio neto en la producción comercial. Aunque el aclareo es una práctica costosa y que reduce la capacidad productiva total del árbol, es una técnica recomendable bajo condiciones en las que no se pueden obtener los calibres comerciales deseados, como en el caso de una sequía.

## 07 Bibliografía

LI, K.T. i col. (2003) Summer pruning reduces whole-canopy carbon fixation and transpiration in apple trees. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 78:749-754.

LOPEZ, G. y col. (2006) Mitigation of effects of extreme drought during stage III of peach fruit development by summer pruning and fruit thinning. *Tree Physiol.* 26:469-477.

SHACKEL K.A. (2007) Water relations of woody perennial plant species. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 41:121-129.

## 08 Autores



**Lopez, Gerardo**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), Tecnología del Riego. Centro UdL-IRTA, Lleida.  
gerardo.lopez@irta.cat



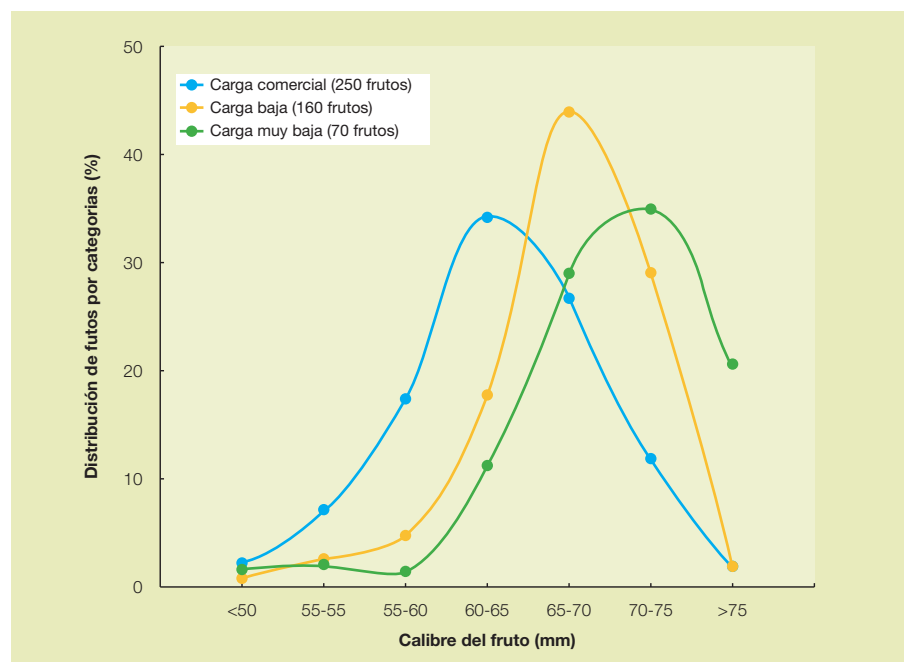
**Girona, Joan**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), Tecnología del Riego. Centro UdL-IRTA, Lleida.  
joan.girona@irta.cat



**Marsal, Jordi**  
Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), Tecnología del Riego. Centro UdL-IRTA, Lleida.  
jordi.marsal@irta.cat



**Fotografía 3.** Frutos recolectados en árboles bajo condiciones de riego óptimas (izquierda) y supresión de riego durante la fase final del crecimiento del fruto (derecha).



**Figura 2.** Distribución de calibres en árboles sometidos a condiciones de sequía y tres intensidades de aclareo de frutos diferentes.

# EFECTOS DEL RIEGO EN MELOCOTÓN PARA INDUSTRIA: CRECIMIENTO ESTACIONAL, PRODUCCIÓN Y CALIDAD



Maquinaria para la recolección mecanizada de melocotón. Fotografía: IRTA Tecnología del Riego

## 01 Introducción

La producción de fruta con un aprovechamiento para la industria de procesado puede ser una nueva forma de producción frutícola con una serie de características que la diferencian del producto destinado a consumo en fresco. Factores como el tamaño o el aclareo de frutos tienen una menor importancia frente a aspectos relacionados con la producción total, calidad para el procesado y la disminución de costes, los cuales adquieren una mayor relevancia. Además, las posibilidades que ofrece la mecanización de la recolección en cuanto a reducción de costos conlleva implícitas técnicas culturales que faciliten esta recolección. Un factor clave que incide sobre todos los procesos mencionados anteriormente y que repercute tanto en la producción como en la calidad del producto final es el agua de riego.

En el escenario climático actual, la posibilidad de aplicar cantidades reducidas de agua de riego que no conlleven una reducción de la producción y calidad del fruto pueden ser técnicas que permitan al productor un ahorro de agua de riego. Ahora bien, la imposición de reducciones de agua de riego al final del ciclo como consecuencia de

episodios de sequía y falta de agua, comportarán una reducción en la producción y también una posible compensación de este efecto con una mejor calidad final del fruto. La aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) durante las fases de crecimiento menos sensibles a dicha reducción puede conllevar, además por consiguiente ahorro de agua, resultados positivos relacionados con los factores mencionados anteriormente.

Por el hecho de que en España la mayoría de plantaciones frutales están situadas en zonas de clima semiárido se justifica el planteamiento de estrategias de RDC que permiten un importante ahorro de agua y, a la vez, regular el crecimiento vegetativo, con mínimos efectos sobre la cosecha y con una mejora de la calidad final del fruto.

## 02 Parcela experimental y determinaciones realizadas

El experimento se inició el año 2006 en un área de 1.5 ha de una plantación comercial localizada en Torres de Segre (41.6° N, 0.44° E, 240 m de altitud), en la zona frutícola de Lleida. El suelo era de textura franca, con un contenido

medio de materia orgánica del 3.25%, 8.84 mg N-NO<sub>3</sub>- kg<sup>-1</sup> y un 25% de elementos gruesos, existiendo un horizonte petrocálcico limitante a 45 cm de profundidad. La CRAD se estimó en 49.7 mm. Se utilizaron melocotoneros de un cultivar de maduración a mediados de agosto (*Prunus persica* (L.) Batsch. cv. Andross) injertados sobre un patrón franco de melocotonero (GF-305). Los árboles tenían 6 años de edad en un marco de 5 x 2.8 m y formados en palmeta con 3 ramas principales hasta de 3.5 m de altura. Se utilizó un sistema de fertirrigación. Los árboles se regaban diariamente evaluando las necesidades de agua según la ET<sub>0</sub>. La cosecha fue mecánica con un vibrador continuo de tronco

Se establecieron tres tratamientos de riego según las fases de crecimiento del fruto: riego estacional completo 100% (R-100), restricción del 70% del agua durante la fase II (R-II) y restricción del 30% durante la fase III (R-III). El diseño fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones. Cada parcela elemental estaba constituida por tres líneas contiguas de árboles, en total 30 árboles, y el seguimiento se realizaba sobre los 5 árboles centrales.

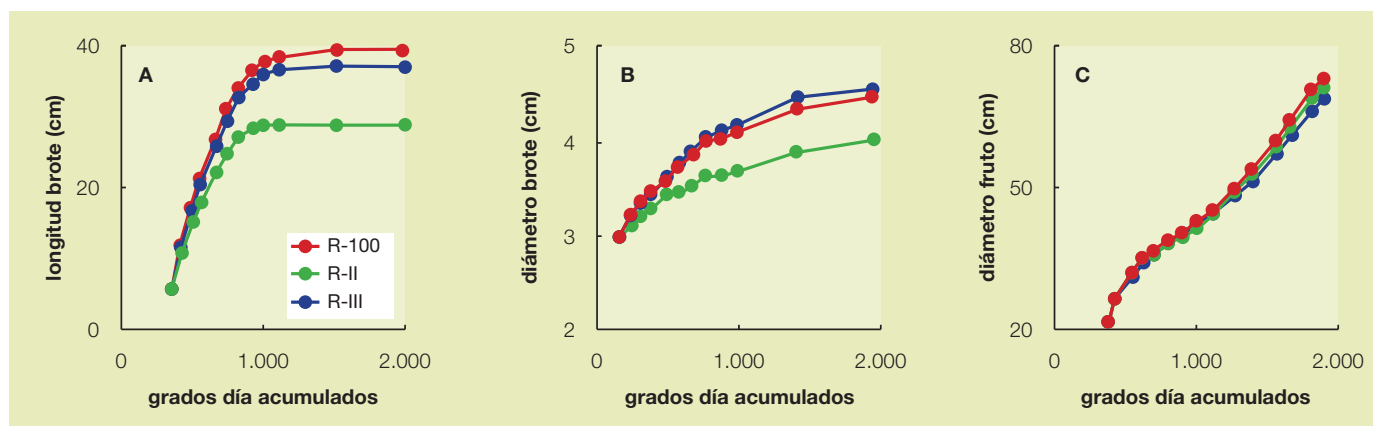


Figura 1. Crecimiento estacional en longitud de brotes (A), diámetro de brotes (B) y diámetro de frutos (C) según el déficit de riego. Cada punto es la media de 72 datos.

Fases	Duración	(días)	PREC (mm)	ET <sub>o</sub> (mm)	FI (mm)	R-II (mm)	R-III (mm)
Reposo invernal	11/11/06-13/03/07	123	70	105	0	0	0
Fase I	14/03/07-16/05/07	64	96	181	42	43	43
Fase II	17/05/07-18/06/07	33	44	138	97	38 (61%)	98
Fase III	19/06/07-09/08/07	52	5	255	218	216	157 (28%)
Postcosecha	10/08/07-30/10/07	81	30	238	120	121	121
<b>Total</b>		<b>353</b>	<b>246</b>	<b>916</b>	<b>477</b>	<b>418 (12%)</b>	<b>419 (12%)</b>

Tabla 1. Fases de crecimiento, condiciones climáticas, dosis de riego aplicadas (% ahorro de agua) para cada estrategia de riego. Año 2007.

Tratamiento	Final fase II		Final fase III		Postcosecha	
	SWC (mm)	$\Psi_{\text{tallo}}$ (MPa)	SWC (mm)	$\Psi_{\text{tallo}}$ (MPa)	SWC (mm)	$\Psi_{\text{tallo}}$ (MPa)
FI	181	-0.43 a	71	-0.81 a	75	-0.68 a
R-II	97	-0.52 b	68	-0.89 a	79	-0.71 a
R-III	146	-0.41 a	56	-1.19 b	87	-0.70 a

Tabla 2. Contenido de agua en el suelo (SWC) y potencial de tallo al mediodía ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) al final de cada fase de crecimiento. El contenido de agua en el suelo se calculó según una profundidad efectiva de raíces de 45 cm.  $\Psi_{\text{tallo}}$  es el promedio de 18 hojas. Letras distintas en columnas indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0.05$ ).

Tratamiento	N hoja (%)	K hoja (%)	Ca hoja (%)	Mg hoja (%)	N fruto (%)
FI	3.07	2.03a	2.66 ab	0.58 a	7.85
R-II	2.93	1.71 b	2.78 a	0.62 a	8.39
R-III	2.92	2.14 a	2.51 b	0.56 b	7.66

Tabla 3. Efectos de la estrategia de riego sobre la concentración de N, K, Ca y Mg en hoja durante la fase III y concentración de N en fruto a cosecha. Letras distintas en columnas indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0.05$ ,  $n=12$ ).

Para el seguimiento continuo del contenido volumétrico de agua del suelo se instalaron sondas de capacitancia ECH2O-25 (Decagon Devices, Inc. EE.UU.) a 0.15 y 0.30 m de profundidad, separadas 0.70 m del tronco y centradas entre goteros. Semanalmente se determinó el crecimiento en diámetro de frutos y longitud de brotes. Al terminar cada fase de crecimiento del fruto se realizó la medida del potencial hídrico de tallo al mediodía mediante una cámara de presión modelo 3000 (Soil Moisture Equipment Corp., EE.UU.). Se realizó un muestreo de hojas y frutos a mediados de julio para su análisis mineral (espectrómetro ICP y método Kjeldhal para el N). En la cosecha se determinó la producción total por árbol, el número de frutos y su peso medio. Se determinó la calidad de frutos, la dureza (Pe-

nepel, Francia) con puntal de 8 mm, los sólidos solubles (refractómetro termocompensado Atago Co. Ltd., Japón) y el color de la pulpa con un colorímetro CR-200 Chroma Meter (Minolta Co., Osaka, Japan).

### 03 Resultados

El agua aplicada al tratamiento con riego estacional completo (R-100) fue de 477 mm (Tabla 1). En el tratamiento R-II se ahorraron 59 mm, mientras que en el tratamiento R-III se ahorraron un total de 58 mm. Al final de la fase II (Tabla 2) el contenido volumétrico de agua del suelo para R-II era 97 mm, mientras que el tratamiento con riego completo era 181 mm. Posteriormente, al final de la fase III el contenido volumétrico de agua

del suelo en déficit R-III era 56 mm, mientras que el tratamiento con riego completo era 71 mm, similar al tratamiento R-II. Por otro lado, el déficit de riego durante la fase II determina un potencial hídrico de tallo al mediodía al final de esta fase de  $-0.52$  MPa, mientras que en el tratamiento sin restricciones en esta fase, R-100, se alcanzaron valores medios de  $-0.43$  MPa (Tabla 2). Durante la fase III, en que ambos tratamientos recibieron las mismas dosis de agua, en los árboles del tratamiento R-II se midieron potenciales similares al tratamiento R-100, que alcanzaron un valor medio de  $-0.85$  MPa. El déficit hídrico durante la fase III (R-III) provocó descensos del potencial hídrico hasta  $-1.19$  MPa, valores muy por debajo de los del tratamiento testigo (R-100), que llegaron a  $-0.81$  MPa. Ya en postcosecha todos los



Tratamiento	W (t/ha)	Q (frutos/árbol)	Y (kg/árbol)	M (g/fruto)
F I	4.0 ± 0.7 a	508.7 ± 55.9	65.6 ± 4.6 a	130.7 ± 7.6 A
R-II	3.1 ± 0.6 b	517.9 ± 40.6	62.7 ± 2.9 a	122.2 ± 7.4 b
R-III	3.8 ± 0.7 a	527.1 ± 63.6	57.8 ± 4.5 b	111.3 ± 7.3 c

**Tabla 4.** Efectos de la estrategia de riego sobre el crecimiento vegetativo (peso de la madera de poda, W), carga de frutos (Q), producción (Y) y peso medio del fruto (M).

Tratamiento	PDM (%)	FF (N cm <sup>-2</sup> )	SSC (%)	Color (a*)
F I	14.6 ± 0.67 b	42.2 ± 3.03 b	11.5 ± 0.74 ab	3.20 ± 0.99
R-II	14.5 ± 0.75 b	42.0 ± 3.03 b	11.1 ± 0.87 b	3.83 ± 1.10
R-III	15.6 ± 0.64 a	49.3 ± 2.99 a	12.5 ± 0.70 a	2.50 ± 1.11

**Tabla 5.** Efectos de la estrategia de riego sobre el porcentaje de materia seca (PDM), firmeza de fruto (FF), total de azúcares solubles (SSC) y color de la pulpa (valor a\*). Letras distintas en columnas indican diferencias significativas (LSD,  $\alpha = 0.05$ , n=12).

árboles se regaron igual y los valores de potencial hídrico alcanzaron  $-0.70$  MPa.

En la Figura 1 se muestra el crecimiento estacional de brotes y frutos según los grados día acumulados desde la antesis, producida el 21 de marzo. El déficit de riego durante la fase III reduce el diámetro de fruto. El déficit de agua durante la fase II ocasiona una reducción en la longitud y diámetro de brotes. Del mismo modo, el peso total de la madera de poda fue menor para este tratamiento (Tabla 4).

Aunque las estrategias de RDC no afectaron la concentración de N en hoja (Tabla 3), la aplicación de R-II redujo la concentración de K en hoja, mientras que lo contrario ocurrió con las concentraciones de Ca y Mg. Estos resultados son consistentes con la importancia de la absorción de K en condiciones de alta humedad del suelo y ponen de manifiesto la interacción competitiva entre las absorciones de K y de Ca y Mg por parte de la raíz.

El déficit de riego durante la fase III (R-III) redujo la cosecha final (Tabla 4) y el tamaño del fruto fue menor para los tratamientos de RDC, especialmente para R-III. En la Tabla 5 se muestran los resultados de calidad del fruto en el momento de la recolección. Se observa que el tratamiento R-III incrementa el porcentaje de materia seca, contenido de sólidos solubles y dureza, pero no afectó el color de la pulpa. En cambio, R-II no afectó la calidad del fruto. Estos resultados demuestran que la aplicación de RDC en fase III del crecimiento del fruto es más decisiva en la calidad del fruto.

Las sondas de capacitancia ECH2O se han mostrado como sensores útiles para el seguimiento del contenido del agua en el suelo. Las características del suelo donde se realiza la experiencia permiten observar la estrecha relación entre las

variaciones del contenido de agua en el suelo y el potencial hídrico de la planta, además de la sensibilidad del crecimiento vegetativo al déficit hídrico. Según los resultados obtenidos la aplicación de RDC en la fase III afecta el crecimiento del fruto, reduciendo la cosecha, pero supone mejoras en el contenido de sólidos solubles del fruto que destacan las ventajas del riego deficitario en este aspecto. Aunque el contenido en azúcares del fruto no suponga ninguna prima al precio del producto en la actualidad, sí que es un factor apreciado por la industria. El déficit de riego no supuso ningún efecto negativo sobre la dureza del fruto, incrementando los valores cuando se realiza durante la fase III, considerando este aspecto muy importante para la producción de melocotón para industria con recolección mecanizada.

#### 04 Consideraciones sobre manejo del riego en condiciones de sequía extrema

El trabajo pone de manifiesto la importancia que tiene el ajuste del riego a las características del cultivo. Así se plantean estrategias de riego que sin afectar negativamente a la producción total o incluso mejorando algunos aspectos cualitativos que puedan compensar ligeras disminuciones en producción, solo requieren de 420 mm anuales. Obsérvese que la disponibilidad de solo estos volúmenes de agua para riego, podrían considerarse en algunos casos como dotaciones restringidas por sequía.

#### 05 Agradecimientos

Estudio financiado con el proyecto INIA RTA2005-00065. Con el apoyo de la empresa LAB-FERRER S.L., el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya y la colaboración de las empresas AGROCEMELI y Solfranc Tecnologías.

#### 06 Autores



##### Rufat, Josep

Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego Centro UdL-IRTA, Lleida.  
josep.rufat@irta.cat



##### Domingo, Xavier

Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego Centro UdL-IRTA, Lleida.  
xavier.domingo@irta.cat



##### Arbonés, Amadeu

Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA). Tecnología del Riego Centro UdL-IRTA, Lleida.  
amadeu.arbones@irta.cat



##### Villar, Josep Maria

Universidad de Lleida (UdL) Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo ETSEA, Lleida.  
jm Villar@macs.udl.es



##### Villar, Pere

Applus agroambiental Laboratorio agroambiental Sidamon, Lleida.  
pvillar@appluscorp.com



##### Pascual, Miquel

Universidad de Lleida (UdL) Departamento de Hortofruticultura Botánica y Jardinería ETSEA, Lleida.  
pascual@hbj.udl.es

# EL RIEGO DE LOS CÍTRICOS EN CONDICIONES DE SEQUÍA



La gestión de riego en cítricos afecta directamente al tamaño de los frutos. Fotografía: J.R. Castel

## 01 Necesidades de agua

Los cítricos son plantas perennes y por tanto transpiran durante todo el año. La cantidad de agua que las plantas necesitan para su adecuado crecimiento y producción es la suma de la evaporación de agua del suelo y de la transpiración por las hojas, o evapotranspiración del cultivo (ETc). La evapotranspiración depende fundamentalmente de dos grupos de factores: los climáticos (temperatura y humedad del aire, radiación solar y viento) y los derivados de la planta (área foliar o fracción de suelo sombreado por el cultivo y características aerodinámicas y de regulación estomática de dicha área foliar).

Las necesidades reales del cultivo, ETc están relacionadas con la demanda climática o evapotranspiración de referencia (ETo) mediante un factor corrector denominado coeficiente de cultivo, Kc, de tal forma que  $ETc = Kc \cdot ETo$ .

Los valores de Kc obtenidos en naranjos adultos Salustiana y Washington Navel regados por inundación (Castel et al. 1987), cuya validez para riego localizado se comprobó en Salustiana (Castel y Buj 1988) y Washington Navel (Buj et al. 1990) y



Ensayo de RDC en cítricos. Fotografía: J.R. Castel



El agua es indispensable para un buen crecimiento del fruto y desarrollo de la planta. Fotografía: J.R. Castel

de mandarinos regados por goteo (Castel 1991 y 1997) se incluyen en la Tabla 1.

## 02 Dosis de riego

Un buen manejo del riego conlleva el optimizar en lo posible la eficiencia de las aplicaciones, entendiendo por tal la fracción del agua aplicada que es consumida por el cultivo como ETC. Para ello es preciso minimizar las pérdidas por escorrentía

y sobre todo por percolación profunda. Esto se puede conseguir utilizando caudales y tiempos de riego adecuados a las características de infiltración del suelo y con una buena nivelación en los riegos a manta o evitando las obturaciones y descompensaciones de presión en los riegos localizados mediante un adecuado mantenimiento de las instalaciones. En términos generales, esta falta de uniformidad en el riego, unida a la necesidad de lavar las sales que el agua aporta

al suelo hacen que la dosis real de riego deba ser la ETC aumentada en una fracción que se puede cifrar en un 15-20%.

El agua a aplicar en riego debe ser la ETC minorada por la aportación real de la lluvia o precipitación efectiva, Pe.

En términos generales en la zona de Levante en años de pluviometría normal la lluvia aporta apro-

Área Sombreada, %	E	F	M	A	My	Jn	J	A	S	O	N	D	Media año
As > 70 (a)	0.66	0.65	0.66	0.62	0.55	0.62	0.68	0.79	0.74	0.84	0.73	0.63	0.64
As = 50 (a)	0.52	0.54	0.40	0.54	0.51	0.60	0.55	0.67	0.56	0.70	0.77	0.78	0.56
As = 20 (b)	0.33	0.39	0.22	0.20	0.35	0.31	0.40	0.44	0.49	0.66	0.62	0.42	0.40

**Tabla 1.** Valores del coeficiente de cultivo Kc para cítricos en función del área sombreada y del control de malas hierbas (Datos de Castel et al. 1986 y Castel 1997). (a) CASTEL y cols. (1986). Con control de malas hierbas en primavera-verano y cubierta de *Oxalis* spp. en invierno (b) CASTEL (1997). Riego por goteo con control malas hierbas durante todo el año.

TRATAMIENTO DE RIEGO							
Parámetro	Control Sin Déficit (- - -)	SR P-I (0-R-R)	SR P-II (R-0-R)	SR P-III (R-R-0)	SR P-I+II (0-0-R)	SR P-I+III (0-R-0)	SR P-II+III (R-0-0)
Riego (mm)	460	310	344	357	193	206	240
ET relativa	1.0 (390 mm)	0.88	0.83	0.78	0.69	0.66	0.59
Estrés Hídrico (MPa·día)	42	42	58	138	134	155	163
Producción (kg/árbol)	35.8	14.8 <sup>xy</sup>	15.3 <sup>*</sup>	19.0 <sup>*</sup>	5 <sup>*</sup>	6.1 <sup>*</sup>	7.7 <sup>*</sup>
No. Frutos / árbol	370	140 <sup>*</sup>	173 <sup>*</sup>	324	56 <sup>*</sup>	104 <sup>*</sup>	137 <sup>*</sup>
Peso Fruto (g)	104	109	87	62 <sup>*</sup>	79	68 <sup>*</sup>	43 <sup>*</sup>
Azúcares (°Brix)	11.1	10.6	10.7	12.8 <sup>*</sup>	9.7	12.9 <sup>*</sup>	11.6
Acidez (g/l)	6.9	7.4	7.7	10.7 <sup>*</sup>	8.7	11.7 <sup>*</sup>	15 <sup>*</sup>

**Tabla 2.** Efecto de la supresión del riego en distintos periodos fenológicos sobre la producción y calidad del fruto de mandarinos 'Clementina de Nules'. Valores medios de 1993 y 1994. (Datos de Ginestar y Castel, 1996). \* La denominación de los tratamientos como SR (sin riego) indica la supresión total del riego durante el (los) periodos especificados, lo cual también se indica mediante el "0" en la línea inferior y "R" indica riego sin restricciones. Los periodos fueron: I (desde 1 Marzo a 13 Junio en ambos años), II (desde 14 Junio a 6 Agosto en 1993 y a 25 Julio en 1994), y III (desde 7 Agosto a 16 Octubre en 1993 y desde 26 Julio a 7 Septiembre en 1994). <sup>y</sup> El asterisco indica diferencias significativas respecto al Control en base al test de Dunnett a  $P < 0.05$ .

TRATAMIENTO DE RIEGO					
Parámetro	Control	20-T	40-T	40-P	40-O
Riego, m <sup>3</sup> /ha-año	5770	4490	3330	4610	4880
Producción, Tm/ha	62.9 a <sup>(1)</sup>	57.9 b	49.4 c	58.0 b	60.5 ab
Peso medio Fruto, g	162 a	156 ab	151 b	158 a	160 a
No. Frutos/árbol	1285 a	1236 a	1128 b	1226 a	1237 a
Azúcares (°Brix)	12.0 a	12.2 a	12.6 b	12.0 a	12.1 a
Acidez (g/l) <sup>(2)</sup>	7.0 a	7.4 a	7.3 a	6.8 a	7.6 a

**Tabla 3.** Producción y componentes de la producción en naranjos Salustiana en función del tratamiento de riego por goteo durante 1985-1992. <sup>(1)</sup> En cada fila los números seguidos de letra no común difieren significativamente  $P < 0.05$ . <sup>(2)</sup> El espesor medio de la corteza y el contenido de zumo de los frutos no fueron afectados por los tratamientos de riego y los valores medios del periodo oscilaron entre 5.3-5.7 mm y 44.5-46.5 % en peso, respectivamente.

ximadamente el consumo de agua de los cítricos desde octubre a mediados de marzo, por tanto las necesidades netas de agua (ETc-Pe) para la temporada habitualmente seca (finales de marzo a septiembre) serían de unos 450 mm, y en caso de riego localizado con buena uniformidad (eficiencia de aplicación del 85%) la dosis necesaria sería de 5.300 m<sup>3</sup>/ha-año.

### 03 Crecimiento y producción de los cítricos en relación a los déficits hídricos



En casos de escasez de agua los objetivos del riego deben enfocarse a obtener el máximo rendimiento por unidad de agua, no la máxima producción por unidad de superficie

Los déficits hídricos en las plantas se producen principalmente por dos razones: 1) porque el contenido de agua en el suelo es bajo, 2) porque la demanda evaporativa del aire es alta (aire seco y temperatura elevada) como ocurre en las épocas de poniente. En algunas ocasiones se pueden presentar déficits hídricos debido a condiciones en el sistema radical tales como falta de aireación (suelos muy arcillosos con mal drenaje), baja temperatura y enfermedades (tristeza, psoriasis, etc) que reducen su conductividad hidráulica. También pueden presentarse déficits hídricos cuando el agua de riego tiene un contenido excesivo en sales.

El efecto del déficit hídrico sobre la cosecha suele ser mayor en determinados periodos que por ello se denominan 'críticos'. En la mayoría de los cultivares de cítricos el período de máxima sensibilidad a la falta de agua es el de floración y cuajado de los frutos, seguido del que comprende las fases de crecimiento inicial de los frutos hasta la caída de junio. El periodo de maduración de los frutos suele ser el menos sensible. Esto se ha puesto de manifiesto en experimentos en distintas zonas cítricas, tales como los de Ginestar y Castel (1996) en Clementina de Nules regados por goteo (Tabla 2).

En las condiciones climáticas de Valencia el efecto de diferentes tratamientos de riego por goteo, durante siete años, sobre la producción y calidad de la fruta de árboles adultos de Salustiana (Castel y Buj, 1993) fueron (Tabla 3):

- I) Cuando se aplicó a lo largo de todo el año un 20% menos agua que las necesidades (20-T), hubo una reducción en la producción del 8%. Cuando se aplicó un 40% menos que las necesidades (40-T), la producción disminuyó un 22%.
- II) Cuando en el período de abril a finales de junio el agua aplicada fue un 40% menos de las necesidades y el resto del año se regó sin limitación (40-P), la disminución de producción fue del 8%. Cuando ese mismo déficit de agua se aplicó en los meses de septiembre a marzo (40-O), entonces la producción disminuyó sólo un 4%.
- III) En la mayoría de los años, los tratamientos de riego deficitario disminuyeron el peso medio del fruto en comparación a los de los árboles bien regados, y apenas afectaron el número de frutos por árbol.

TRATAMIENTO DE RIEGO								
Parámetro	Control	25%-I*	50%-I	25%-II	50%-II	25%-III	50%-III	50%-Any
Riego (m <sup>3</sup> /ha)	3840	2750	3090	3350	3540	2670	2880	1700
Ahorro de agua (%)	--	28	20	13	8	30	25	56
Producción (kg/árbol)	54.7	20.1 <sup>xy</sup>	38.7*	49.9	56.7	41.6	46.9	45.0
Producción Relativa (%)	100	37	72	92	105	77	87	83
No. Frutos / árbol	551	198*	387*	565	601	545	528	489
Peso medio Fruto (g)	103	102	103	92*	99	77 <sup>zw</sup>	92 <sup>zw</sup>	94*
Azúcares (°Brix)	11.3	10.6	11.0	11.4	11.0	14.2*	13.1*	12.5*
Acidez (g/l)	7.5	7.2	7.5	8.0	7.7	9.4*	8.2*	8.5*

**Tabla 4.** Influencia de los tratamientos de riego en la producción y calidad del fruto de 'Clementina de Nules'. Valores medios de 1995 y 1996. (Datos de González-Altozano y Castel, 1999).

<sup>xy</sup> Duración de los periodos: I) 20/3/95 a 3/7/95 y 1/4/96 a 1/7/96; II) 4/7/95 a 7/8/95 y 2/7/96 a 28/7/96; III) 8/8/95 a cosecha y 29/7/96 a cosecha.

<sup>\*</sup> El asterisco indica diferencias significativas respecto al Control en base al test de Dunnett a  $P < 0.05$ .

<sup>zw</sup> En 1995 casi un 23% de los frutos tenían 'clareta' y aunque en menor proporción también ocurrió en el 50%.

TRATAMIENTO DE RIEGO								
Parámetro	Control	25%-J	50%-J	50%- J+A	75%- J+A	50%- A+O	75%- J+O	50%-Any
Riego (m <sup>3</sup> /ha)	4520	3980	4240	3540	4010	3530	3650	2080
Ahorro de agua (%)	--	12	6	22	11	22	19	54
Producción (kg/árbol)	69.3	71.3	70.0	69.3	66.6	57.1 <sup>xy</sup>	72.5	53.4*
Producción Relativa (%)	100	103	101	100	96	82	105	77
No. Frutos / árbol	656	771	741	735	673	730	898*	624
Peso medio Fruto (g)	109	95*	99	98	102	79 <sup>z</sup>	82*	88*
Azúcares (°Brix)	12.0	12.1	12.2	12.5	12.3	15.6*	14.2*	14.8*
Acidez (g/l)	7.5	7.8	7.4	8.2	7.9	9.8*	8.6*	9.8*

**Tabla 5.** Efecto de los tratamientos de riego en la producción y calidad del fruto de 'Clementina de Nules'. Valores medios de 1997 y 1998 (Datos de González-Altozano y Castel, 2000a).

<sup>xy</sup> El asterisco indica diferencias significativas respecto al Control en base al test de Dunnett a  $P < 0.05$ .

<sup>z</sup> En 1998 un 30% de los frutos fueron afectados de 'clareta' y aunque en menor proporción también en 1997.

**IV)** El riego deficitario durante todo el año (40-T) produjo un aumento de los azúcares del fruto tanto mayor cuando mayor fue el déficit hídrico. Este efecto no se observó cuando los déficits ocurrieron sólo durante el período de floración-cuajado o durante el período de maduración.

#### 04 Riego cuando hay escasez de agua

En casos de escasez de agua los objetivos del riego deben enfocarse a obtener el máximo rendimiento por unidad de agua, no la máxima producción por unidad de superficie. Una de las alternativas propuestas para este fin es el denominado riego deficitario controlado "RDC". El Riego Deficitario Controlado, RDC en la forma más comúnmente aplicada en fruticultura consiste en la aplicación de cantidades de agua inferiores a las necesarias (o evapotranspiración máxima del cultivo, ETc) durante periodos determinados del ciclo del cultivo en los cuales la producción y la calidad sean poco (o nada) afectados y aplicar el total de dichas ne-

cesidades durante el resto del ciclo y en especial en aquellos momentos en que la producción y/o la calidad son más afectados por la falta de agua, o periodos críticos.

El RDC ha sido ampliamente estudiado en Clementina de Nules (González-Altozano y Castel, 1999; 2000a y b). Los resultados de cuatro años sobre la producción y calidad de los frutos de Clementina de Nules (Tablas 4 y 5) muestran grandes diferencias de sensibilidad al estrés según el periodo fenológico en que se aplicaron los tratamientos RDC. Así, el periodo más crítico y por tanto el menos aconsejable para ahorrar agua, fue la primavera, en que el RDC provocó una importante reducción de la cosecha (entre el 28 y 63%) debido al aumento de la 'caída de junio' y consecuente disminución del número final de frutos por árbol. Además, el estrés en primavera provocó una sobreproducción de brotes florales en la siguiente brotación (A2) que originó frutos tardíos de nulo valor comercial.

El RDC durante final del verano y principios de otoño, redujo de forma notable el tamaño del fruto y en algunos años provocó malformaciones

externas (clareta) en una proporción importante de los mismos, aún en los tratamientos de menor restricción de agua en este periodo (50%-II,



**El Riego Deficitario Controlado, RDC en la forma más comúnmente aplicada en fruticultura consiste en la aplicación de cantidades de agua inferiores a las necesarias (o evapotranspiración máxima del cultivo, ETc) durante periodos determinados del ciclo del cultivo en los cuales la producción y la calidad sean poco (o nada) afectados y aplicar el total de dichas necesidades durante el resto del ciclo**



Nuevas plantaciones de cítricos. Fotografía: J.R. Castel



Instalación del sistema de riego. Fotografía: J.R. Castel

50%-A-O) en que los niveles de estrés hídrico experimentados por los árboles fueron bastante moderados.

En pleno verano (Julio y Agosto), cuando tiene lugar la fase inicial de crecimiento rápido del fruto, es el periodo más adecuado para la aplicación del RDC en 'Clementina de Nules', pues cuidando de no sobrepasar un valor de  $\Psi_n$  a en torno a  $-1.1$  MPa (que corresponde a un valor de potencial mátrico del suelo en torno al límite de lectura de

los tensiómetros,  $-100$  kPa), se pueden conseguir ahorros importantes de agua (entre el 6 y el 23%) sin afectar a la producción, ni la calidad, ni al tamaño del fruto. Ello se debe a que los frutos de Clementina de Nules, así como los de otras especies de cítricos, son capaces de crecer a mayor velocidad "crecimiento compensatorio" cuando se restablece el riego sin limitación después de periodos de estrés moderado.

Adicionalmente para conseguir una buena eficiencia del riego es necesario minimizar las pérdidas

de agua de forma que un mayor porcentaje de agua aplicada sea utilizado por el cultivo. Algunas de las medidas recomendables para reducir las pérdidas de agua son:

**1.** Reducción de las pérdidas en canales:  
a) Mejorando su revestimiento, b) evitando los sobrantes de riego mediante turnos de riego más controlados (p.ej. en caso de pozos conviene establecer turnos siguiendo el desnivel de forma que el sobrante de un regante aguas arriba pueda ser fácilmente aprovechado por el siguiente aguas abajo), c) reduciendo las pérdidas por evaporación de los canales o sobre todo de los aspersores regando de noche.

**2.** Mejorando la uniformidad de distribución en la parcela se puede reducir el drenaje. Esto se puede conseguir mejorando la nivelación y en parte ajustando el caudal, de forma que el agua tarde poco en llegar al final de tablao. En general, para conseguir una buena eficiencia y uniformidad en el riego por tablares cerrados conviene cortar la entrada del agua al tablao cuando haya avanzado entre el 0.6 y 0.9 de la longitud total del mismo según texturas y rugosidad. El límite de 0.6 se recomienda para suelos con baja infiltración (p.ej. arcillosos o con tendencia a formar costra) o con gran rugosidad (recién trabajados, o con hierbas altas) y el de 0.9 para suelos con alta infiltración (p. ej. arenosos) o muy lisos.

**3.** Evitando la escorrentía o poniendo los medios adecuados para poder reutilizarla.

**4.** Controlando las malas hierbas. Las malas hierbas compiten con el cultivo por el agua. Tanto es así que en casos extremos pueden representar un 10 a un 25% del agua total consumida. En general, desde el punto de vista de la economía del agua resulta más conveniente cortar las hierbas o aplicar herbicidas que el laboreo.

**5.** El uso excesivo de fertilizantes puede agravar los problemas de sequía en especial si se aplican al principio de la temporada pues promoverán un crecimiento más rápido y vigoroso del cultivo y también de las malas hierbas.

**6.** Regando con menos cantidad de agua por riego y aumentando ligeramente el número de riegos también conseguiremos reducir las pérdidas por drenaje. Así, en la C. Valenciana



Sistema de riego por aspersión móvil en cítricos. Fotografía: J.R. Castel



Sistema de riego por aspersión móvil en cítricos. Fotografía: J.R. Castel

(Castel et al.1987) se obtuvieron mejoras de la eficiencia del riego a manta en torno al 10-15% adecuando los caudales de riego a las características del suelo y nivelación a fin de aplicar láminas menores con buena uniformidad. Esto obliga a aumentar ligeramente la frecuencia de riego (2 a 3 riegos más por año, respecto a los 5-6 habituales para suelos con alta capacidad de retención o a los 7-8 para suelos con capacidad media). Resultados similares de mejora de eficiencia en el riego por aspersión se obtuvieron en Israel reduciendo la dosis de agua aplicada en cada riego y con ella la profundidad humedecida.

7. En el caso de árboles jóvenes regando solo parte de la superficie y en el caso de adultos mediante riego por tablares alternos con el correspondiente aumento de la frecuencia.

## 05 Autor



### Castel, Juan R.

Instituto Valenciano de Investigaciones  
Agrarias (IVIA)  
Departamento Recursos Naturales Valencia  
castel\_jua@gva.es



Adicionalmente para conseguir una buena eficiencia del riego es necesario minimizar las pérdidas de agua de forma que un mayor porcentaje de agua aplicada sea utilizado por el cultivo



Regando con menos cantidad de agua por riego y aumentando ligeramente el número de riegos también conseguiremos reducir las pérdidas por drenaje



Licenciado y miembro del cuerpo de ingenieros técnicos agrícolas del Estado, José Luis Pérez preside, desde 1991, la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Catalunya que abarca un total de 104.850 hectáreas en las provincias de Huesca y Lleida. Desde su cargo coordina el suministro de 4 hm<sup>3</sup> diarios durante los siete meses de la campaña de riego para satisfacer la demanda de la comunidad de regantes. Hablamos con él del funcionamiento del Canal de Aragón y Catalunya y sobre el riego en épocas de sequía.

### ¿Qué medidas especiales han tomado o tienen previsto adoptar en el Canal ante la situación de emergencia pluviométrica en Catalunya?

En base a los datos aportados por los servicios técnicos, la Comunidad General del Canal de Aragón y Catalunya efectúa la administración del agua de riego que posteriormente suministrará a las 134 comunidades de regantes de base, mediante la dosificación de los litros por segundo y hectárea. El objetivo es mantener el suministro de forma ininterrumpida durante toda la campaña de riego, que va desde el 1 de marzo al 30 de septiembre. En este sentido, para poder repartir el agua disponible durante todo el período, cada 15 días se ajusta la dotación de litros por segundo y hectárea. Esta dotación es más generosa en años normales y se ajusta a la escasez en épocas de sequía, aplicando una "medida de gestión" del recurso hídrico.

### ¿Cómo variará el funcionamiento normal del Canal de Aragón y Catalunya con la aplicación de medidas contra la sequía en Catalunya?

Las medidas aprobadas por el gobierno de la Generalitat, que consisten básicamente en usos del agua para abastecimientos, no interfieren en la gestión de los usos de regadío en nuestro sistema.

**"Si los agricultores hacen un uso eficiente del recurso obtienen una carga económica menor por el suministro de agua"**

## LA ENTREVISTA

**José Luis Pérez**

Presidente de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Catalunya

### "LAS MEDIDAS CONTRA LA SEQUÍA NO INTERFIEREN EN LA GESTIÓN DE LOS USOS DE REGADÍO DE NUESTRO SISTEMA"

Se habla mucho de la gestión eficiente del agua en el riego. ¿Cómo definiría este concepto? El concepto clásico de eficiencia en el manejo del recurso para riego se define como la necesidad de ajustar el suministro de agua de riego a las necesidades biológicas del cultivo, utilizando el nivel técnico óptimo en cada momento.

### El agua es un bien escaso pero necesario. ¿Considera que existe una conciencia real de la importancia de una buena gestión del agua entre los agricultores?

El pago de las tarifas de riego en el Canal de Aragón y Catalunya está en relación directa con los m<sup>3</sup> consumidos. Si los agricultores hacen un uso eficiente del recurso obtienen una carga económica menor por el suministro de agua. Esta consecuencia práctica crea una conciencia real de buena gestión entre la comunidad de regantes.

### ¿Qué parámetros o elementos debería tener en cuenta un sistema de riego ideal?

El suministro de agua para riego se puede dividir en tres fases:

- Red de alta: transporte del recurso del lugar de almacenaje (embalse) a la entrada de la zona regable.
- Red de baja: distribución del recurso por toda la zona regable hasta la entrada de cada finca o explotación.
- Aplicación en la parcela: incorporación del agua al cultivo.

El planteamiento "ideal" de riego debería optimizar las tres fases.

### Dada la situación de sequía que se arrastra desde hace años, ¿cuáles cree que son los cultivos más afectados?

Los cultivos que se ven más dañados por el déficit pluviométrico en nuestra zona son las plantaciones de fruta, sobre todo los melocotoneros, y los cultivos forrajeros permanentes, como es el caso de la alfalfa.

### "Desde el Canal lamentamos la falta de concienciación de la propia administración y de la sociedad en general"

### ¿Qué medidas puede adoptar el agricultor para minimizar los daños del déficit de agua?

Los agricultores de nuestra zona regable han optado por optimizar la aplicación de agua en parcela, asumiendo, en gran parte, su coste.

Además, las comunidades de regantes de base están equilibrando la fase de distribución (red de baja) con ayuda económica variable. Asimismo, la red de alta (transporte), propiedad del Estado y gestionada por la administración hidráulica, también se debe optimizar y modernizar.

Del mismo modo, desde el Canal lamentamos la falta de concienciación de la propia administración y de la sociedad en general, que están mucho más preocupadas por la modernización de la aplicación del agua en parcela por parte del agricultor, un proceso que ya se está llevando a cabo en gran medida.

### ¿El Canal de Aragón y Catalunya cuenta con algún servicio de asesoramiento de riego para el agricultor?

Desde nuestra comunidad de regantes ofrecemos el servicio de los servicios técnicos que se dedican a atender consultas, resuelven dudas y problemas y, de vez en cuando, imparten cursillos y organizan jornadas técnicas.

De esta forma, los agricultores conocen las últimas novedades y recomendaciones de los diferentes sistemas de riego que existen.

### ¿Cómo valora la política de riego del Departamento de Agricultura de Catalunya? ¿Cómo se podría mejorar?

Los Departamentos de Agricultura de las dos comunidades autónomas de las que dependemos (Diputación General de Aragón y Generalitat de Catalunya) mantienen una política de ayuda al regadío que deseamos que se mejore e incremente.

Las mejoras en el riego pasan por tener una visión más amplia del problema hídrico, teniendo en cuenta que existen la fase de transporte, distribución y aplicación del agua al cultivo.

### El Departamento de Medio Ambiente y el MARM pactaron una propuesta de trasvase de agua desde Tarragona a Barcelona. ¿Qué postura adopta el Canal de Aragón y Catalunya en esta cuestión?

Tal como se acordó por mayoría en la Asamblea General de la Federación de Regantes de la Cuenca del Ebro, desde el Canal nos mostramos solidarios con las necesidades puntuales y temporales del agua en boca, atendidas con los recursos procedentes del ahorro de agua de todas las comunidades de regantes de la Cuenca durante el próximo período de otoño e invierno.

RuralCat.  
redaccio@ruralcat.net