

## II Jornadas Sobre Riego y Nutrición de Cultivos Leñosos y Hortícolas

28 y 29 de Marzo de 2011 - Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera



JUNTA DE EXTREMADURA



# Prólogo

En el año 2010 se celebraron en el Centro de Investigación Finca La Orden-Valdealsequera las “I Jornadas Sobre Riego y Nutrición de Cultivos Leñosos y Hortícolas”. Dichas Jornadas querían ser la carta de presentación del Grupo de Riego y Nutrición de este Centro ante los sectores relacionados con el uso agrícola del agua en Extremadura. Este Grupo, con una experiencia de más de 20 años se encuentra totalmente consolidado y dispone de la base y envergadura para afrontar el reto de responder a las demandas de los sectores en todos aquellos aspectos en los que la I+D puede ser el punto de apoyo en el que se sustente una agricultura más competitiva, en la que se utilicen los recursos naturales en los que se sustentan, de forma eficiente. Se trata, no solo de ir solucionando los problemas que se planteen en el día a día, sino de ir un paso por delante para estar preparados para atender la demanda que esté por venir.

Creemos firmemente en el futuro de la agricultura y en particular de los regadíos, que en Extremadura han sido y serán fuente de trabajo y riqueza. Pero el futuro depende de la capacidad para adaptarla a un nuevo enfoque, la calidad, tanto para las condiciones de producción, como para los productos obtenidos; y en la optimización y respeto en el uso de los recursos naturales. Para

todo esto es necesaria la investigación, una investigación de calidad, realizada por profesionales, pero en contacto continuo y directo con la realidad del campo extremeño: abordando problemas para aportar soluciones, detectando oportunidades tecnológicas y transfiriéndolas a los empresarios e importando y adecuando las tecnologías más avanzadas, desde donde se produzcan, a las condiciones locales.

En este contexto se han planteado estas “II Jornadas de Riego y Nutrición de Cultivos Leñosos y Hortícolas”, como un punto de encuentro entre los investigadores y los sectores económicos relacionados, técnicos y empresarios. Durante 2 días se ofrecerá una visión de nuevos avances tecnológicos aplicables a los regadíos y se propiciará el acercamiento de la realidad del campo extremeño al Centro de Investigación, debatiendo sobre la utilidad de las nuevas tecnologías. Estas Jornadas pretenden ir más allá de dos días de trabajo, y que den pie a contactos permanentes en forma de colaboraciones y proyectos conjuntos, así como otras actividades de formación y difusión.

María del Henar Prieto Losada  
Dr. Ingeniero Agrónomo

**Organiza:** Centro de Investigación Finca La Orden-Valdealsequera. Departamento de Hortofruticultura. Grupo Relaciones Hídricas y Nutrición en Cultivos Hortícolas y Leñosos

## Coordina:

Carlos Campillo Torres.

Dr. Ingeniero Agrónomo.

[carlos.campillo@juntaextremadura.net](mailto:carlos.campillo@juntaextremadura.net)

## Colabora

María del Henar Prieto Losada.

Dr. Ingeniero Agrónomo.

[maria.prieto@juntaextremadura.net](mailto:maria.prieto@juntaextremadura.net)

María José Moñino Espino.

Dr. Ingeniero Agrónomo.

[mariajose.monino@juntaextremadura.net](mailto:mariajose.monino@juntaextremadura.net)

Alberto Sampeiro Sainz-Aja.

Ingeniero Agrónomo.

[alberto.sampeiro@juntaextremadura.net](mailto:alberto.sampeiro@juntaextremadura.net)

Juan Manuel Pérez Rodríguez.

Ingeniero Técnico Agrícola.

[juanmanuel.perez@juntaextremadura.net](mailto:juanmanuel.perez@juntaextremadura.net)

David Uriarte Hernández.

Lic. Tecnología de los Alimentos.

[david.uriarte@juntaextremadura.net](mailto:david.uriarte@juntaextremadura.net)

María Isabel Rubio Augusto

Ingeniero Técnico Agrícola. (U. Transferencia Tecno.)

[mariaisabel.augusto@juntaextremadura.net](mailto:mariaisabel.augusto@juntaextremadura.net)

## Integrantes Grupo Relaciones Hídricas y Nutrición en Cultivos Hortícolas y Leñosos

María del Henar Prieto Losada.

Dr. Ingeniero Agrónomo. Coordin. Equipo

[maria.prieto@juntaextremadura.net](mailto:maria.prieto@juntaextremadura.net)

Carlos Campillo Torres.

Dr. Ingeniero Agrónomo.

[carlos.campillo@juntaextremadura.net](mailto:carlos.campillo@juntaextremadura.net)

María José Moñino Espino.

Dr. Ingeniero Agrónomo.

[mariajose.monino@juntaextremadura.net](mailto:mariajose.monino@juntaextremadura.net)

Ana Isabel Martín Vertedor.

Dr. Ingeniero Agrónomo.

[anaaisabel.martin@juntaextremadura.net](mailto:anaaisabel.martin@juntaextremadura.net)

Carlota Daza Delgado.

Ingeniero Agrónomo.

[carlota.daza@juntaextremadura.net](mailto:carlota.daza@juntaextremadura.net)

Luis Mancha Ramírez.

Ingeniero Agrónomo.

[luis.mancha@juntaextremadura.net](mailto:luis.mancha@juntaextremadura.net)

Joaquín Picon Toro

Ingeniero Agrónomo.

[joaquin.picon@juntaextremadura.net](mailto:joaquin.picon@juntaextremadura.net)

Víctor Moreno Rendón.

Ingeniero Agrónomo.

[victor.moreno@juntaextremadura.net](mailto:victor.moreno@juntaextremadura.net)

Alberto Sampeiro Sainz-Aja.

Ingeniero Agrónomo.

[alberto.sampeiro@juntaextremadura.net](mailto:alberto.sampeiro@juntaextremadura.net)

Rafael Fortes Gallego

Ingeniero Agrónomo.

[rafael.fortes@juntaextremadura.net](mailto:rafael.fortes@juntaextremadura.net)

Elena Nieto Serrano

Ingeniero Agrónomo.

[elena.nietos@juntaextremadura.net](mailto:elena.nietos@juntaextremadura.net)

Fernando Blanco Cipollone

Ingeniero Agrónomo.

[fernando.blanco@juntaextremadura.net](mailto:fernando.blanco@juntaextremadura.net)

Juan Parras Cintero

Ingeniero Agrónomo.

[juan.parra@juntaextremadura.net](mailto:juan.parra@juntaextremadura.net)

David Uriarte Hernández.

Lic. Tecnología de los Alimentos.

[david.uriarte@juntaextremadura.net](mailto:david.uriarte@juntaextremadura.net)

Valme González García

Lic. Biología.

[valme.gonzalez@juntaextremadura.net](mailto:valme.gonzalez@juntaextremadura.net)

Inés María Ruiz Afán

Lic. Química.

[inesmaria.ruiz@juntaextremadura.net](mailto:inesmaria.ruiz@juntaextremadura.net)

Juan Manuel Pérez Rodríguez.

Ingeniero Técnico Agrícola.

[juanmanuel.perez@juntaextremadura.net](mailto:juanmanuel.perez@juntaextremadura.net)

Antonio Vivas Cacho.

Ingeniero Técnico Agrícola.

[antonio.cacho@juntaextremadura.net](mailto:antonio.cacho@juntaextremadura.net)

Encarna Lara Carrasco

Ingeniero Técnico Agrícola.

[encarnacion.lara@juntaextremadura.net](mailto:encarnacion.lara@juntaextremadura.net)

Jorge Blanco Gallego

Ingeniero Técnico Agrícola.

[jorge.blanco@juntaextremadura.net](mailto:jorge.blanco@juntaextremadura.net)

# PROGRAMA II JORNADAS DE RIEGO Y NUTRICIÓN DE CULTIVOS LEÑOSOS Y HORTÍCOLAS

## Horticultura

Día 28 de marzo de 2011

- 09:00 h. Presentación.**  
Dña. Amparo Gómez-Landero Guijarro  
*Jefa de Servicio de Coordinación y Administración del SECIT (Servicio Extremeño de Ciencia, Tecnología e Innovación)*
- 09:15 h. Efecto del riego sobre la calidad en cultivos hortícolas.**  
D. Adriano Battilani.  
*Consorzio di bonifica per il Canale Emiliano Romagnolo CER. Bologna (Italia).*
- 10:00 h. La fertilización nitrogenada de los cultivos hortícolas.**  
Dr. Carlos Ramos Mompó.  
*Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Valencia. (España)*
- 10:45 h. Pausa.**
- 11:30 h. Evaluación de estrategias de riego deficitario en el cultivo de tomate de industria.**  
Dr. Carlos Campillo Torres.  
*Investigador del Centro de Investigación Finca La Orden-Valdealsequera.*
- 12:00 h. Mejora de la eficiencia de uso del nitrógeno en cultivos hortícolas en las Vegas Bajas del Guadiana**  
Dña. Carlota Daza Delgado.  
*Investigadora del Centro de Investigación Finca La Orden-Valdealsequera.*
- 12:30 h. Mesa Redonda: Necesidades de investigación en el sector hortícola.**  
Profesionales del sector

## Fruticultura

Día 29 de marzo de 2011

- 09:00 h. Presentación.**  
Dr. Jesús Alonso Sánchez  
*Director General de Ciencia y Tecnología*
- 09:15 h. Programación del riego mediante la medida en campo del estado hídrico del suelo y de la planta.**  
Dr. Diego S. Intrigliolo Molina.  
*Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Valencia. (España)*
- 10:00 h. Nuevas técnicas en la evaluación de las necesidades de riego y estado nutricional mediante teledetección.**  
Dr. Pablo Zarco-Tejada, IAS-CSIC  
*(Córdoba).*
- 10:45 h. Pausa.**
- 11:30 h. Riego deficitario controlado en frutales de hueso y pepita. Experiencias en Extremadura.**  
D. Victor Moreno Rendón.  
*Investigador del Centro de Investigación Finca La Orden-Valdealsequera.*
- 12:00 h. Concentraciones foliares óptimas de nutrientes en ciruelo japonés (Prunus salicina, Lindl.) y melocotonero (Prunus persica, L. Batsch) en las Vegas del Guadiana (Extremadura). Optimización de la fertilización.**  
Dña. Valme González García  
*Investigadora del Centro de Investigación Finca La Orden-Valdealsequera.*
- 12:30 h. Mesa Redonda: Necesidades de investigación en el sector frutícola.**  
Profesionales del sector

# Efecto del Riego sobre la Calidad en Cultivos

**Adriano Battilani.** Senior Researcher - Project Manager

Consorzio di bonifica per il Canale Emiliano Romagnolo CER Via E. Masi, 8 - 40137 Bologna (Italy)  
 Battilani@consorzioцер.it.

## INTRODUCCIÓN

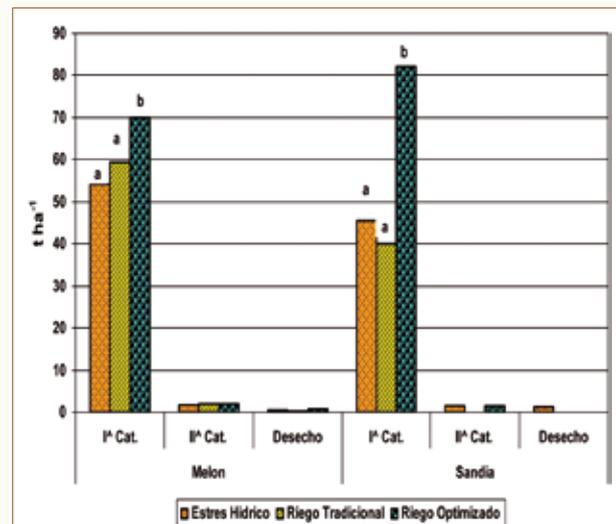
Cada día más los políticos, los legisladores y las empresas alimentaria están bajo la presión de los consumidores que siguen aumentando su interés en la calidad de los alimentos. Todos los medios de comunicación divulgan noticias sobre alimentos que se han mostrado ser útiles para ayudar a prevenir las enfermedades de la tercera edad, a reducir la obesidad y la ocurrencia de enfermedades cardiovasculares y degenerativas. Las valoraciones de los costes sociales de estas enfermedades han tenido el efecto de aumentar tanto la presión política como el interés de la industria en asuntos relacionados con la calidad del producto fresco o procesado. La mejora del riego, y por consiguiente de la nutrición de la planta, puede tener efectos positivos sobre la calidad, pues los resultados científicos se hallan dispersos entre la múltiple información que circula entre genetistas, agrónomos, cultivadores y industrias de proceso. La divulgación de las mejores prácticas de gestión suele centrarse en temas económicos o medio ambientales, frecuentemente sin tener debidamente en cuenta la combinación de cualidades tecnológicas, sensoriales, alimenticias, higiénicas y visuales que van a componer el producto alimenticio que los consumidores quieren comprar.

## RESULTADOS

La calidad suele definirse como la suma de las características intrínsecas del alimento, que sean objetivas o subjetivas, que resultan en el producto que le agrada a los consumidores y que cumplen con los estándares tecnológicos y los requisitos sensoriales y visuales. Las limitaciones tecnológicas y económicas del proceso industrial y la obligación a garantizar alimentos higiénicos y saludables imponen características de calidad con fuerte impacto económico, mientras que los aspectos nutricionales, nutraceuticos y medio ambiental frecuentemente solo tienen interés para el marketing del producto sin positivo efecto económico para los agricultores.

### Calidad Comercial y Tecnológica

La calidad comercial, básicamente el tamaño y el aspecto, es la más común y mejor conocida para los cultivadores y es el criterio que decide el precio del producto o el terreno de evaluación de la eficacia de una técnica. Una adecuada gestión del riego, y de la nutrición de la planta, mejora la calidad comercial: el producto resulta más uniforme, de tamaño más grande y de color más intenso. Los defectos se reducen gracias al control de las fisiopatías



**Figura 1.** Efecto del riego sobre el tamaño, calidad comercial, del melón y de la sandía. (Estres Hídrico: irrigación suplementaria < 100%ET + gestión empírica; Tradicional: ≥ 100%ET+ gestión empírica; Optimizado: RDI+ modelo de gestión).

relacionadas con la indisponibilidad o falta de transferencia de calcio, potasio, micronutrientes. El exceso de riego puede llevar a un tamaño excesivo, vida útil del producto reducida, color anómalo. En la figura 1 se muestra el efecto del riego suplementario (<100% ET/ gestión empírica), de la gestión empírica del riego con suministro ≥100% ET o del riego optimizado (RDI + modelo de gestión). La gestión optimizada del riego lleva a una mejor calidad comercial del producto.

Además del volumen de riego y de la estrategia de distribución del agua también la elección del método de riego tiene una gran influencia sobre la calidad comercial del producto. Como ejemplo, el riego por goteo aumentó la producción del 16% de la cebolla (+15.8% en la categoría comercial más apreciada). Incluso entre los métodos de riego por aspersión hay diferencias importantes: la combinación de enrolladotes y alas sobre carro con LEPA (low energy precise application) mejora la producción comercial en la categoría 80-40 mm, con o sin fertirriego (+8.2 y +9.8%), con respecto a la aspersión tradicional. La calidad, desde el punto de vista de las industrias, está estrechamente relacionada con la capacidad de procesar el alimento con eficacia. Las características del producto bruto tienen un impacto en la calidad del alimento procesado, en el coste de producción y en sus características nutricionales. La adecuada gestión del riego, mejor si en combinación con la nutrición mineral de la planta, puede

mejorar los niveles del °Brix del tomate. La utilización del modelo Fertirrigere llevó a un aumento significativo del rendimiento del tomate (+11.8%) en 56 explotaciones durante un período de 5 años. Los sólidos solubles aumentaron en media de 0.5 °Brix, incrementando la producción de °Brix/ha del 19.4%. El índice de calidad industrial, que suma los defectos del fruto, fisiopatías, verde, etc., disminuyó en 3.1 puntos. La eficiencia en el uso del agua se ha incrementado en un 135.0% y la del uso del nitrógeno en un 143.8%. El coste del riego y de la fertilización fue menor con la aplicación del riego optimizado para el modelo de gestión (-52.2%). Para obtener frech fries y chips coloreadas, sabrosas y brillantes la patata debe tener un contenido de azúcares reductores (RS) entre 0.02 -0.1%, una concentración superior lleva a un contenido de acrilamida tóxica. Varios estudios han demostrado que un estrés hídrico constante tiene menores efectos sobre el contenido de RS que una gestión irregular del riego. Además, los productores del sur de Europa sufren grandes pérdidas económicas en las campañas con temperaturas por encima de lo normal, pues aplicando el agua de forma equilibrada y frecuentemente se puede controlar la temperatura del suelo y del tubérculo reduciendo las concentraciones de RS.

### Calidad organoléptica, nutricional y nutracéutica, higiene y salubridad de los alimentos

El marketing y los productos PDO y PGI, cuyas cualidades y características se deben esencial o exclusivamente al medio geográfico (donde el medio ambiente se refiere tanto a factores naturales y humanos por igual), necesitan una fuerte caracterización de sus cualidades organolépticas, nutritivas y nutracéuticas. Cuando se utilizan aguas reutilizadas el método y el manejo del riego influyen en la calidad higiénica y la salubridad del alimento.

### Calidad medio-ambiental

La agricultura de regadío tiene un gran impacto sobre el medio ambiente y la salud pública. Los efectos negativos de la gestión del riego están relacionados con la productividad de la tierra y el agua, con la extracción de agua, la erosión y con contaminación del suelo y de aguas superficiales y profundas. El manejo empírico del riego se asocia frecuentemente con pérdida de calidad medioambiental del producto (LWCA, Water Footprint, Benchmarking) y viceversa una aplicación correcta de agua a los cultivos puede resultar sostenible.

**Tabla 1.** Efecto de la gestión optimizada del riego (RDI + modelo) y del fertirriego sobre la producción, la calidad tecnológica y la economía del tomate de industria

|   | Unidad de medida | Cultivadores SIN DSS | Cultivadores CON DSS | Diferencia | Diferencia % |
|---|------------------|----------------------|----------------------|------------|--------------|
| Producción                                    | t/ha             | 84,9                 | 90,9                 | 6,0        | 7,1          |
| °Brix   | % w/w            | 4,5                  | 5,0                  | 0,5        | 11,5         |
| Índice de calidad                             |                  | 8,4                  | 11,4                 | 3,1        | 36,5         |
| Coste del Fertirriego                         | Euro/ha          | 673,0                | 322,0                | -351,0     | -52,2        |
| *Valor de la Producción [- coste fertirriego] | Euro/ha          | 3701,0               | 5094,0               | 1393,0     | 37,6         |
| WUE   | t/m <sup>3</sup> | 2,0                  | 4,7                  | 2,7        | 135,0        |
| NUE   | kg/kg N          | 0,5                  | 1,2                  | 0,7        | 143,8        |

\* precio del tomate 2007 | 56 productores encuestados por 5 años

### CONCLUSIONES

Los aspectos de la calidad pueden ser influenciados solamente cuando los aportes de agua, y nutrientes, se enfocan para asegurar un equilibrio entre los órganos de la planta (hoja, tallo, frutos). Una gestión acertada del riego para la calidad es la dirigida a maximizar la actividad fotosintética y la translocación, considerando el fruto como principal sumidero. Esto es particularmente cierto cuando los procesos fisiológicos complejos gobiernan las características de la calidad. Además, la crisis económica mundial está reduciendo el consumo de hortalizas y frutas frescas a favor de alimentos más baratos y rápidos para cocinar pero menos saludables. Por consiguiente los sistemas de producción agrícola tienen que estar estrechamente relacionadas con las necesidades de los consumidores de productos que cumplan con la calidad e inocuidad. Los resultados de varios estudios destacaron la importancia del riego como una herramienta clave para obtener alimentos de elevada calidad, saludables y nutritivos, maximizando también la sostenibilidad de la agricultura de regadío.

# La Fertilización Nitrogenada de los Cultivos Hortícolas

**Carlos Ramos Mompó.** Dr. Ingeniero Agrónomo  
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Apartado Oficial 46113, Moncada (Valencia)  
email: ramos\_carmon@ivia.gva.es.

## EL NITRÓGENO EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA

El nitrógeno (N) es un elemento esencial para la producción agrícola y la mayoría de los cultivos hortícolas lo absorben del suelo en forma de amonio y nitrato. Estas dos formas químicas son los principales componentes del nitrógeno mineral del suelo. Sin embargo, más del 90 - 95% del N del suelo está en forma orgánica (formando parte del humus del suelo, de los residuos de cultivo y de la biomasa microbiana), pero este nitrógeno orgánico apenas lo pueden absorber las raíces. Así pues, el principal objetivo de la fertilización nitrogenada consiste en mantener en el suelo una concentración de N mineral suficiente para satisfacer la demanda del cultivo. Esta demanda de N sigue un patrón temporal aproximadamente igual al del crecimiento del cultivo: una fase inicial con una demanda baja, una segunda fase de alta demanda coincidente con la fase de crecimiento rápido del cultivo y, finalmente, una fase con una disminución de esta demanda.

La principal dificultad para realizar un abonado correcto está en determinar cual es la cantidad adecuada de fertilizante a aplicar en cada caso, ya que un déficit de abonado puede producir una disminución de la producción y calidad de la cosecha mientras que un exceso de abonado puede suponer un gasto innecesario y, además, afectar a la calidad de la cosecha y producir problemas ambientales debido a una mayor lixiviación o lavado de nitrato, así como un aumento de las emisiones de óxido nitroso del suelo. La agricultura es la principal fuente de emisión de óxido nitroso a la atmósfera y este gas tiene un gran efecto invernadero (aproximadamente 300 veces superior al CO<sub>2</sub>).

### Necesidades de abonado nitrogenado

En general, la determinación de las necesidades de N por los cultivos se basa en un balance aproximado de:

- 1) la extracción de este elemento por el cultivo,
- 2) del aporte de N por otras vías
- 3) de las pérdidas de N por lixiviación o por volatilización de amoníaco o emisión de compuestos gaseosos por desnitrificación.

Los principales aportes de N al suelo además de los fertilizantes son:

- a) el contenido de N mineral en el suelo en el momento de la plantación
- b) el contenido en el agua de riego
- c) por la mineralización de los residuos de cosecha y de la materia orgánica del suelo.

Las pérdidas de N mencionadas hacen que la eficiencia en el uso del N aportado como fertilizante en muchos cultivos hortícolas varíe aproximadamente entre 50 – 80%.

En la tabla 1 se presentan las extracciones de N de diferentes cultivos hortícolas para unas determinadas producciones. Para producciones diferentes de las que aparecen en esta tabla, la extracción de N se puede calcular suponiendo que la extracción es proporcional a la producción. Una vez calculada la extracción de N para la producción esperada la necesidad de abonado se puede obtener descontando la cantidad de N mineral en el suelo en la capa de 0 – 60 cm del suelo que se obtiene mediante análisis químico y también la cantidad de N aportada con el agua de riego (en el caso de que la concentración de nitrato en esta agua sea importante). Como las pérdidas de N son difíciles de medir, una manera aproximada de corregir la cantidad de abonado a aplicar debido a estas pérdidas es aumentar en un 10 - 20% las necesidades de abonado anteriormente calculadas.

### Fraccionamiento del abonado

El fraccionamiento del abonado debe hacerse para que el aporte de N en cada período del cultivo sea proporcionado a las necesidades. En el caso de riego por surcos o tablares, en el abonado de fondo conviene aplicar el 20 – 40% de las necesidades, y en el abonado de cobertura el 60 – 80% restante, en una o varias aplicaciones dependiendo de la duración del cultivo, evitando aplicar en la última fase del ciclo de cultivo.

En el caso de la fertirrigación la distribución del N es mucho más fraccionada y, en general, debe aplicarse entre un 20–30 % en el primer tercio del ciclo de cultivo, un 50–60 % en el segundo tercio, y un 10–30 % en el último tercio del ciclo.

### Algunas normas básicas que conviene tener en cuenta son:

- En la fase inicial del cultivo, las exigencias de nutrientes son bajas, pero si se produce un déficit de nitrógeno los efectos sobre el crecimiento pueden ser irreversibles.
- Durante los períodos de floración, cuajado y formación de bulbos, deben evitarse aplicaciones excesivas de nitrógeno.
- En la fase final del cultivo, la aplicación de N deber ser pequeña o nula, ya que puede repercutir negativamente en la calidad y ocasionar niveles altos de nitrato en el suelo que, posteriormente, podría lixiviarse.

**Tabla 1. Extracción de N por los cultivos hortícolas (toma-  
do de Ramos y Pomares, 2010).**

|               | Producción comercial (t/ha) | Absorción de N             |                        | N en residuos de cosecha (kg/ha) |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|
|               |                             | por produc. comerc. (kg/t) | por superficie (kg/ha) |                                  |
| Alcachofa     | 17                          | 11-15                      | 190-260                | 80-150                           |
| Apio          | 70                          | 2,8-4,1                    | 200-290                | 60-90                            |
| Berenjena     | 60                          | 3,5-5,2                    | 210-310                | 100-160                          |
| Brócoli       | 17                          | 12-18                      | 200-310                | 150-230                          |
| Calabacín     | 25                          | 3-4                        | 75-100                 | 20-30                            |
| Cebolla       | 65                          | 2,1-2,5                    | 140-160                | 20-40                            |
| Col           | 50                          | 3,8-4,2                    | 190-210                | 90-120                           |
| Col China     | 65                          | 2,7-3,5                    | 180-230                | 80-110                           |
| Coliflor      | 30                          | 7,5-8,5                    | 220-250                | 120-150                          |
| Espinaca      | 25                          | 4,5-5,2                    | 110-130                | 20-50                            |
| Guisantes     | 4                           | 25-30                      | 100-120                | 60-80                            |
| Judías Verdes | 14                          | 8-12                       | 110-170                | 30-60                            |
| Lechuga       | 35                          | 2,2-2,7                    | 80-100                 | 15-30                            |
| Melón         | 35                          | 3,2-4                      | 110-140                | 30-40                            |
| Pepino        | 30                          | 2,8-3,5                    | 80-110                 | 20-30                            |
| Pimiento      | 60                          | 3-4,5                      | 180-270                | 110-160                          |
| Puerro        | 30                          | 3,3-5                      | 100-150                | 10-30                            |
| Rábano        | 25                          | 2,3-3,2                    | 60-80                  | 5-10                             |
| Sandía        | 50                          | 2,2-2,6                    | 110-130                | 30-40                            |
| Tomate        | 60                          | 2,5-3,5                    | 150-210                | 45-60                            |
| Zanahoria     | 65                          | 2,4-3                      | 160-200                | 60-110                           |

### Forma química a emplear

Las principales formas químicas de N en los fertilizantes son la amoniacal, la nítrica y la ureica. Cuando se emplea riego tradicional, en el abonado de fondo se debe utilizar la forma ureica o amoniacal, porque están menos expuestas a la lixiviación, mientras que en los abonados de cobertera se recomienda emplear, preferentemente, las formas amoniacal-nítricas o nítricas. El nitrato es muy móvil en el suelo debido a su carga eléctrica negativa, mientras que el amonio (de carga positiva) se adsorbe al suelo y es poco móvil. Por eso el nitrato se puede lixiviar con el agua mientras que el amonio apenas se lixivía. Aunque la urea no tiene carga iónica y no se adsorbe al suelo, se transforma con mucha rapidez en amonio y, por tanto, se lixivía con menos facilidad que el nitrato. El amonio en el suelo se transforma a nitrato mediante un proceso denominado nitrificación. Esta nitrificación es más rápida a medida que aumenta la temperatura y requiere también una determinada humedad ya que es efectuada por la acción de algunas bacterias del suelo. En el caso de la fertirrigación, conviene tener en cuenta que cuando las temperaturas son bajas, un 25–50% del N aplicado debería estar en forma nítrica, mientras que en tiempo más cálido, como la nitrificación es más rápida a estas temperaturas, se pueden emplear las formas amoniacales en mayor proporción.

### EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRITIVO DE LAS PLANTAS

Para poder evaluar si el abonado empleado es el adecuado, actualmente existen equipos que permiten

evaluar el estado nutritivo de las plantas en lo relativo al nitrógeno. Básicamente hay dos tipos de medidas: el grado de verdor de las hojas y el contenido de nitrato en la savia. El grado de verdor de las hojas se mide con un medidor foliar de clorofila que es un instrumento portátil muy sencillo de emplear cuyas lecturas son un índice del contenido de clorofila que, a su vez, está relacionado con el contenido de N de la hoja. Las medidas deben realizarse en 20 – 30 hojas que hayan alcanzado recientemente su desarrollo completo. La principal dificultad de este tipo de medidas es que deben obtenerse valores de referencia de los valores que se consideran adecuados mediante ensayos experimentales.

En el caso del análisis de nitrato en la savia, ésta se extrae de los pecíolos de hojas también recientemente maduras. Para ello se muestrean 20 – 30 hojas, se cortan y trocean los pecíolos, y se prensan para obtener la savia en la que se mide el contenido de nitrato mediante unos pequeños equipos portátiles. Como en el caso de la medida de clorofila, también hay que tener valores de referencia obtenidos mediante ensayos experimentales para poder interpretar los valores medidos.

### Consejos prácticos para el abonado nitrogenado

A continuación, se proponen algunas ideas para mejorar la eficiencia de los fertilizantes:

- La uniformidad en la distribución de los fertilizantes y del agua de riego aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes y del agua.
- Cuando se aplican abonos o enmiendas orgánicas conviene incorporarlos al suelo poco después de su aplicación para, así, disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización o por escorrentía.
- Un buen manejo del riego reduce las pérdidas de agua por percolación profunda y las pérdidas de nitrato por lixiviación.
- Si se producen lluvias importantes que hayan podido producir lixiviaciones o lavados importantes de nitrato en el suelo, puede ser necesario realizar algún abonado nitrogenado adicional para compensar estas pérdidas.
- La baja uniformidad de aplicación de los fertilizantes disminuye su eficiencia
- En el caso del riego por surcos o inundación, el fraccionamiento de las aplicaciones de los fertilizantes tiene que ser mayor en el caso de suelos más arenosos, pedregosos o poco profundos.

### REFERENCIAS

Ramos C. y Pomares F. 2010. Abonado de los cultivos hortícolas. En: *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones. Madrid. pp.:181-192.

# Programación del riego mediante la medida en campo del estado hídrico del suelo y de la planta

Diego S. Intrigliolo\* y Luis Bonet. Dr. Ingeniero Agrónomo

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Apartado Oficial 46113, Moncada (Valencia)

\*email: intrigliolo\_die@ivia.gva.es

## FUNDAMENTOS DE LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

El cambio del tradicional riego por superficie a riego por goteo llevado a cabo en los últimos años en la agricultura española ha supuesto un gran avance con relación al manejo eficiente del agua de riego. Sin embargo, esta mejora tecnológica por sí sola no garantiza al agricultor un uso eficiente del agua si no viene acompañada por un adecuado ajuste de las dosis de riego a las necesidades reales del cultivo. Hoy en día, este ajuste es posible gracias a la metodología FAO para la estimación de las necesidades hídricas de un cultivo ya que tiene en cuenta: 1) la influencia de las condiciones meteorológicas que determinan el mayor o menor consumo de agua y que quedan integradas en la demanda evaporativa o evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) y 2) un factor ligado al cultivo, denominado coeficiente del cultivo ( $K_c$ ). Las necesidades hídricas o evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) se calculan, por tanto, como  $ET_c = ET_o * K_c$ . Sirva un ejemplo para aclarar el cálculo: imaginémosnos dos parcelas, una de ciruelo y otra de vid situadas en la misma zona; en ambas parcelas la  $ET_o$  será la misma, sin embargo es evidente que la plantación de vid y la de ciruelo pueden tener consumos hídricos distintos, de allí la necesidad de emplear el  $K_c$ .

Sin embargo, el procedimiento arriba descrito para estimar las necesidades hídricas tiene ciertas incertidumbres. Por una parte los  $K_c$  a emplear varían incluso dentro de un mismo cultivo en función de muchos factores como lo son el grado de desarrollo de la plantación y el manejo del dosel vegetal y del propio suelo. A ello cabe añadir que la metodología descrita no permite establecer cómo aplicar los volúmenes de riego calculados en cuanto a dosis y frecuencia ya que ello depende de las características del suelo y del equipamiento de riego de cada parcela. Por todo lo anterior, en la actualidad reviste gran interés complementar la programación del riego con información que permita conocer tanto el estado hídrico del suelo como de la planta.

## MEDIDA DEL ESTADO HÍDRICO DEL SUELO

Para conseguir un adecuado manejo del riego de acuerdo con las características del cultivo y del consumo que realizan las plantas se requiere: 1) delimitar cuales son las necesidades de los cultivos, 2) aplicarlas con un método y estrategia de riego adecuados, y 3) controlar que lo que se ha aplicado es correcto. La comprobación

y control puede realizarse midiendo lo que realmente sucede en el terreno, y aquí es donde entran en juego los sensores de medida de humedad del suelo. El objetivo principal es conseguir una estima lo más precisa posible de la cantidad de agua que se incorpora al sistema suelo-planta en cada momento, de forma que se puedan evitar pérdidas de agua en profundidad o, por el contrario, un déficit hídrico.

De todas las herramientas disponibles para la medida del estado hídrico del suelo, las sondas capacitivas multisensores (Foto 1), son las que en la actualidad se revelan como de mayor interés práctico. Su empleo se fundamenta en analizar las variaciones del contenido de agua a distintas profundidades, para que el riego minimice la llegada de agua más allá de 60-80 cm, donde la actividad radicular es menor, garantizando asimismo un contenido de humedad adecuado en la zona de 10-50 cm (Figura 1). Para el manejo del riego con esta técnica, es necesario definir un límite superior de contenido de agua, generalmente capacidad de campo; y un límite inferior que corresponderá al nivel de estrés que no se desea sobrepasar (Figura 1). Los límites superior e inferior no tienen por qué ser constantes a lo largo del año, y pueden variar en función de la sensibilidad del cultivo en cada fase fenológica. Lo ideal sería tener definidos estos límites para cada fase del cultivo.

Uno de los problemas que presentan las sondas capacitivas es que la zona de medida es limitada, correspondiendo solamente a unos 10 cm en altura (5 por encima del sensor y 5 por debajo) y aprox. 7 cm de radio alrededor del anillo, si bien en los 3 cm más próximos al sensor es donde se concentra el 90% de la señal. Además, cabe tener en cuenta que el contenido de humedad en el suelo de una parcela es muy variable y más aún en riego localizado, donde no se humedece uniformemente todo el suelo que se moja; además la distribución del sistema radicular dista mucho de ser homogénea, tanto en profundidad como horizontalmente. Todo ello hace que se recomiende instalar más de una sonda por parcela, con el fin de disponer de una medida lo más representativa posible del contenido de agua en el suelo disponible para la planta.

## MEDIDA DEL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA

Las dos estrategias de programación del riego arriba mencionadas (información climática y medida

de la humedad del suelo) tratan, en definitiva, de estimar de manera indirecta la "salud" hídrica de los árboles. Dado que las plantas integran las condiciones externas del entorno, clima y suelo a la vez, reflejándolo en su estado hídrico, parece lógica la utilización de métodos de programación del riego basados en la propia planta.

El instrumento más empleado para cuantificar el estado hídrico de los cultivos leñosos es la cámara de presión (Foto 2). La determinación más usual es la del potencial hídrico de hoja no transpirante, comúnmente denominado "potencial de tallo" ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ). En este caso la hoja a medir se cubre con una bolsa de plástico de cierre hermético y exteriormente aluminizada a fin de impedir la transpiración (Foto 2). Esa lectura representa la tensión o potencial hídrico a la que se encontraba la savia en el xilema antes del corte de la hoja.

Las determinaciones se llevan a cabo preferentemente a mediodía solar, que es cuando habitualmente se produce el grado máximo de estrés alcanzado por las plantas. Sin embargo, cabe destacar que el  $\Psi_{\text{tallo}}$  no depende exclusivamente del agua en el suelo disponible para la planta, sino también de las condiciones ambientales por su influencia sobre la tasa de transpiración ( $T$ ) y de la resistencia hidráulica en el continuo suelo-planta-atmósfera ( $R$ ), según se resume en la ecuación  $D\Psi=R*T$ , donde  $D\Psi$  es la caída de potencial a lo largo de la trayectoria de transporte del agua. Este hecho implica que la información obtenida a partir de las determinaciones del  $\Psi_{\text{tallo}}$  en ocasiones no es de tan fácil interpretación por los agricultores y técnicos como lo puede ser el estudio de la evolución de la humedad del suelo. En la actualidad, las determinaciones de  $\Psi_{\text{tallo}}$  se emplean con menor frecuencia a escala comercial quedando su uso algo restringido al ámbito de la experimentación. Sin embargo, las medidas de  $\Psi_{\text{tallo}}$  son un complemento fundamental para las determinaciones de la humedad del suelo ya que permiten evaluar de manera muy precisa hasta qué punto la pauta de riego llevada a cabo permite mantener el cultivo en un estado hídrico óptimo. Por otra parte, en programas de riego deficitario controlado, donde se impone al cultivo un cierto estrés hídrico a fin de ahorrar agua y obtener otras ventajas agronómicas, las determinaciones del  $\Psi_{\text{tallo}}$  resultan indispensables para controlar las restricciones de riego evitando que el cultivo pueda sufrir un estrés severo que puede repercutir negativamente sobre la productividad de las plantaciones.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La gestión del riego basada en la metodología de la FAO ( $E_{\text{To}}$  y el  $K_c$ ) no proporciona información directa sobre la eficiencia y eficacia del riego. Esta deficiencia puede corregirse conociendo la evolución de la humedad del suelo así como el estado hídrico de la planta. Una programación de riego óptima, por tanto, debería basarse en un procedimiento paso a paso, en el que el

primero sería la estimación de las necesidades de riego con el enfoque FAO. Este procedimiento es, de hecho, simple, fácil y económico ya que una sola estación agroclimática cubriría una amplia zona de cultivo. En segundo lugar, se puede recurrir a la información de la humedad de suelo y al grado de hidratación del cultivo para, entonces, ajustar las dosis y frecuencia a las condiciones concretas de la zona, plantación y parcela. El ajuste puede completarse contemplando en la programación la previsión meteorológica de los días venideros a fin de recoger la posible influencia de episodios de precipitaciones o de altas temperaturas. En última instancia, los tres elementos fundamentales para planificar el riego (clima, suelo y planta) no pueden considerarse por separado, sino como complementarios.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos RTA 2008-00037-C04-01, CSD 2006-0067 y Telerieg Interreg IV SudoeB

### FOTOS Y FIGURAS



Foto 1. Sonda capacitiva con cuatro sensores de medida a distintas profundidades.



Foto 2. Cámara de presión y detalle de una hoja embolsada preparada para la determinación del  $\Psi_{\text{tallo}}$ .

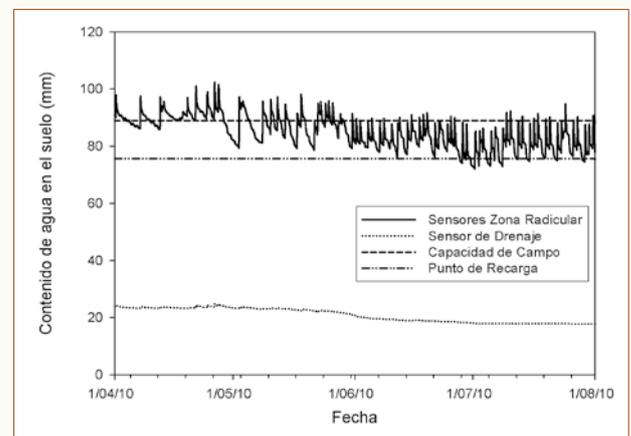


Figura 1. Detalle de la información obtenida mediante el uso de las sondas capacitivas en un parcela piloto de Kaki. Se observa como la humedad del suelo se mantiene dentro de los umbrales establecidos y el contenido de humedad a 80 cm de profundidad (sensor de drenaje) no incrementa.

# Evaluación de estrategias de riego deficitario en el cultivo de tomate de industria

Carlos Campillo Torres. Dr. Ingeniero Agrónomo

El riego es uno de los factores que más influyen en la producción y calidad final del cultivo de tomate de industria. En nuestra región la fecha y climatología que se producen durante la primavera-verano, periodo de cultivo del tomate de industria, hacen que sea necesario cubrir las necesidades hídricas, mediante el riego para garantizar una producción comercial rentable.

## NECESIDADES DE AGUA DEL CULTIVO

Las necesidades de agua de un cultivo de tomate vienen determinados por los procesos de evaporación del suelo y de transpiración por parte de las hojas, ambos parámetros se unen en la evapotranspiración de cultivo (ETc), que es la pérdida que hay que compensar mediante el riego. Para los agricultores extremeños es posible disponer de una buena estimación de las necesidades potenciales del cultivo diariamente gracias a la red de asesoramiento al regante (REDAREX) que pone la información a disposición de los usuarios en su página web (<http://agralia.juntaex.es/REDAREX/>). Esta página facilita los datos agrometeorológicos recogido por las distintas estaciones, además de proporcionar, a partir de algunos parámetros introducidos por el usuario (fecha de transplante, tipo de suelo, sistema de riego) programaciones de riego para ajustar el volumen de agua que debe aplicar a su cultivo en función de la características de la parcela y el momento fenológico en que se encuentre el cultivo. Sin embargo, estos valores se deben considerar como una aproximación ya que las condiciones concretas de la parcela y de la planta influyen en los consumos de agua

El sistema de riego empleado influye sobre la eficiencia de aplicación de agua y la disponibilidad de la misma para la planta y es fundamental conocer las características del mismo para saber que agua estamos realmente poniendo a disposición de la planta.

Para llevar un buen control del riego en este cultivo es necesario conocer no solo las necesidades hídricas a lo largo del ciclo de cultivo, sino también la sensibilidad de los procesos fisiológicos que tienen lugar en cada estado fenológico:

**Fase de transplante**, es una fase de establecimiento del cultivo que puede durar más o menos tiempo en función de la climatología, durante esta fase es necesario garantizar el humedecimiento



alrededor de las raíces del cepellón para conseguir un buen arraigo de las plantas y la colonización del suelo por la raíz fuera del cepellón.

**Fase Vegetativa**, durante este periodo el cultivo crece exponencialmente, el porcentaje de suelo cubierto pasa rápidamente de un 5% hasta alcanzar valores de 80% de suelo cubierto durante este proceso se produce la floración y el cuajado del fruto, es un periodo crítico en el cultivo ya que un déficit de agua en este periodo, incluso ligero, puede provocar un descenso del fruto cuajado y una falta de uniformidad de la concentración de los frutos. Además puede reducir el tamaño potencial de los frutos y potenciar los daños por podredumbre apical.



**Fase de maduración**, durante este periodo los frutos verdes engordan hasta llegar a un momento en el cual el fruto comienza a pasar a fruto rojo, la fase finaliza cuando se alcanza un porcentaje mínimo de frutos maduros



de un 80-85%, a partir del cual se realizará la recolección mecanizada en un solo pase. Es un periodo propicio para poder realizar estrategias de riego deficitario, estas estrategias pueden mejorar los valores de grado brix que tengamos al final del cultivo, un adecuado control del momento y que cantidad de recorte de agua se realiza va a permitir incrementar el °Brix sin reducción en la cosecha.

## ESTRATEGIAS DE RIEGO

Un Sociedad cada vez más exigente demanda a los agricultores que sean capaces de hacer llegar al mercado productos de alta calidad organoléptica y sanitaria, producidos en condiciones respetuosas con el medioambiente. En este sentido el desarrollo de nuevas investigaciones sobre los efectos del riego sobre la calidad serán críticas para la consecución de los objetivos planteados. Mientras que en la década de los 90 la mayor parte de las investigaciones sobre el manejo del cultivo de tomate de industria se orientaban a optimizar la producción, en los últimos años se han ido centrandos mayoritariamente en la selección de genotipos interesantes, en la reducción de insumos, el uso más racional de fitosanitarios, fertilizantes y agua de riego y en el estudio de las características

nutricionales y organolépticas de fruto y los productos elaborados.

Una vez que el agricultor conoce las necesidades del cultivo y la influencia del riego en los diferentes estados fenológicos del cultivo de tomate de industria, se habrá un amplio abanico de decisiones con respecto al manejo de ese agua requerido por el cultivo, pudiendo realizar un riego según las necesidades de cultivo y adaptado al desarrollo o plantearse la utilización de diferentes estrategias de riego deficitario, es decir, por debajo de las necesidades del cultivo buscando obtener un ahorro importante de agua de riego y un aumento de la calidad del fruto con un riesgo reducido de perder cosecha, es decir, **producir con menos dinero un producto de más valor**.

Hasta el momento las investigaciones sobre los efectos de la dosis y frecuencia de riego sobre la calidad tomate, se han centrado principalmente en de sólidos solubles y en rendimiento, mientras que existe poca información sobre la influencia de las prácticas de riego en el contenido de compuestos antioxidantes y aromáticos, ocupando este aspecto una posición cada vez más importante ya que tanto los productores como consumidores buscan una mayor calidad organoléptica y funcional. De las últimas investigaciones se deduce que el estrés hídrico puede ser utilizado como una herramienta de gestión para manipular los componentes del sabor de los frutos existiendo un aumento de los niveles de azúcares, acidez valorable, vitamina C y aromas volátiles.

A continuación vamos a dar un repaso a las estrategias de riego deficitario, a las que podría tener acceso el productor de tomate de industria podemos incluir:

- **Riego Deficitario Sostenido (RDS)**, que consisten en la aplicación de un riego deficitario durante todo el ciclo de cultivo, esta estrategia es la más antigua y la más documentada, sin embargo, esta estrategia conlleva una importante reducción de la producción y un aumento de los contenidos en sólidos solubles (dependiendo del grado de déficit que se produzca), a mayor déficit una menor producción pero con aumento de la calidad. En nuestra región se han realizado estudios con diferentes sistemas de riego y dosis de agua (Rodríguez del Rincón y colaboradores, 1993, Prieto y colaboradores, 1995, García y colaboradores, 1998 y Campillo y colaboradores 2007).
- **Riego Deficitario Controlado (RDC)**, persigue optimizar el uso del agua induciendo estrés solo en periodos no críticos para la producción y supone un conocimiento de la respuesta del mismo al déficit hídrico, de forma que se extremen las precauciones en fases críticas y se reduzcan las aportaciones en fases no críticas que permitan ahorrar agua e incluso mejorar la calidad del tomate, mejorando el balance positivo en la cuenta de resultados. El riesgo que entraña esta técnica en el tomate de industria es que, como se ha visto anterior-

mente, el periodo menos sensible a la sequía se produce con el fruto presente en la planta, en la fase de maduración, luego el control del estado hídrico de la planta resulta crítico, para mantener un estrés ligero y sostenido que no afecte a la capacidad de asimilación de la planta y por tanto a la producción. En tomate de industria se han observado incrementos notables de °Brix sin pérdida de cosecha utilizando estas técnicas (Prieto y colaboradores 1998). Con riego por gravedad el procedimiento puede ser distanciar los riegos en esta fase o adelantar la fecha de aplicación del último riego (Rodríguez del Rincón y colaboradores 1993-95). Sin embargo, algunos aspectos como las temperaturas, la sanidad del cultivo y el tipo de suelo, pueden condicionar los resultados obtenidos por lo que exigen conocer bien la parcela sobre la que se actúa y hacer un seguimiento estrecho del cultivo.

- **Riego Parcial de Raíz (RPR)**, Esta técnica consiste en aplicar el agua necesaria aplicadas en una parte de la raíz, mientras la otra parte permanece seca, para posteriormente ser aplicada en la otra zona de la raíz, provocando una señal bioquímica que permite a la planta mantener su situación hídrica, aumentando calidad y sin disminución de la producción. Se estima que el RPR podría mantener el rendimiento similar a plantas bien regadas, con ahorros de un 50%. Sin embargo, es una estrategia que supone un importante desembolso económico debido a la necesidad de instalar una doble línea de cultivo, con los respectivos costes en tubería y en necesidades de presión, con lo que los estudios realizados se producen en invernadero. En nuestra región no se han realizado estudios sobre esta estrategia de riego.

## CONCLUSIONES

- El tomate requiere un suministro de agua constante y adecuado durante el período vegetativo, queriendo sensible al estrés hídrico, aunque el más sensible es el comprendido entre floración-cuajado, recomendándose la fase de crecimiento de frutos y de maduración para aplicar RDC.
- Aunque, el crecimiento se puede ver mermado con las estrategias de RD, los parámetros de calidad pueden mejorar y, por tanto, la importancia de establecer métodos para controlar el grado de estrés, centrado en el rendimiento y en los parámetros de calidad del cultivo de tomate.
- Las estrategias de RD permiten un ahorro de agua y un aumento de calidad del producto, sin embargo, cada una de las estrategias tienen ventajas e inconvenientes que han de ser estudiadas en un contexto global de costes de cultivo y sus beneficios debido a un aumento de la calidad.

\*Bibliografía: Consultar al autor.

# Mejora de la eficiencia de uso del nitrógeno en cultivos hortícolas en las Vegas Bajas del Guadiana

Carlota Daza Delgado. Ingeniero Agrónomo

## LA IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU CONTROL.

En España, el consumo de fertilizantes inorgánicos en la campaña 2009/2010 fue de 3,8 millones de toneladas, correspondiendo el 54,7% a abonos nitrogenados simples, el 2,7% a abonos fosfatados simples, el 3,9% a abonos potásicos simples y el 38,7% a abonos complejos. Los fertilizantes y enmiendas destinados directamente a la agricultura, con un valor de 1204 millones de euros, representaron en el año 2009 el 7,4% del valor de todos los consumos intermedios, y apenas un 3,2% en relación sobre el valor total de la producción final agraria. (AFFNE, 2009/10).

En los cultivos hortícolas la fertilización nitrogenada suele ser elevada y esto, unido a que son cultivos de regadío y a que, en bastantes casos, el sistema radicular es relativamente poco profundo, hace que se produzcan pérdidas elevadas de nitrato por lixiviación. Estas pérdidas suponen un despilfarro económico para el agricultor y también afectan al medio ambiente a través del efecto que tiene sobre la contaminación de las aguas subterráneas [Directiva 91/676 de la Unión Europea sobre la contaminación de las aguas por nitratos de origen agrario].

En Extremadura, los cultivos hortícolas ocupan una parte importante de la superficie de regadío siendo el tomate de industria el cultivo más destacado por el volumen de producción (25.534 ha en 2010), seguido por el melón y el brócoli.

Así pues, desarrollar métodos para determinar, en cada parcela y cada cultivo, el abonado requerido para obtener una producción alta y de buena calidad y, al mismo tiempo, con un impacto reducido en el medio ambiente, cobra cada vez más importancia.

### Ensayos realizados.

Debido a la cantidad de nitratos que, por lixiviación y procedentes fundamentalmente de fuentes agrarias, ya se han encontrado en las aguas subterráneas de la región, han sido declaradas como "vulnerables a la contaminación por nitratos" las zonas regables del canal de Lobón, Montijo y Zújar.

Este hecho, unido al incremento que los precios de los fertilizantes han sufrido en los últimos años, ha llevado a la realización de diversos proyectos de investigación en nuestro centro orientados a la mejora de la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados en nuestras condiciones.

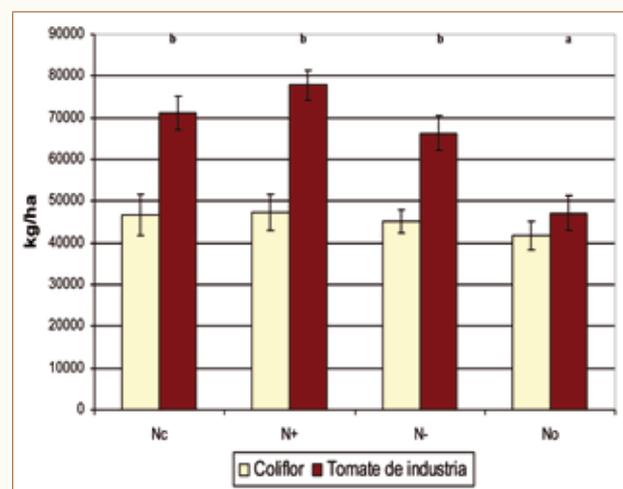
A lo largo de los últimos 5 años se han realizado ensayos con diferentes dosis de fertilización nitrogenada en dos cultivos hortícolas: fundamentalmente tomate para industria y coliflor. Las técnicas de cultivo han sido las habituales en las Vegas Bajas del Guadiana y el sistema de riego goteo; las dosis de fertilización sometidas a ensayo han sido:

- Óptima (Nmin): la cantidad de N a aportar fue la resultante de restar de las extracciones establecida para cada cultivo el N mineral presente en el suelo al inicio del cultivo, el N aportado con el agua de riego y el precedente de la mineralización de la M.O.
- Superior a la óptima en un 30% (N+).
- Inferior a la óptima en un 30% (N-).
- No aplicación de fertilizantes nitrogenados (No).

En la tabla 1 se cuantifican las fuentes que componen el N disponible para el cultivo. La fertilización establecida como objetivo en este cuadro es la fijada para el tratamiento Nmin.

|                        | Tomate | Coliflor |
|------------------------|--------|----------|
| Fertilización objetivo | 219    | 300      |
| UF N en suelo          | 41     | 112      |
| UFN en agua            | 6      | 5        |
| UF N de mineralización | 15     | 15       |
| UF N aportadas         | 158    | 168      |

**Tabla 1.** Cuantificación del N disponible para el cultivo según su origen; los datos son promedio de los resultados de 4 campañas en el caso del tomate y de 3 en el de la coliflor.



**Figura 1.** Promedio de la producción comercial obtenida (durante 4 campañas en el caso del tomate y 3 en el de la coliflor) con los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada en tomate de industria y coliflor. Letras diferentes dentro de cada cultivo indican diferencias significativas  $p < 0.05$ .

Como se observa en la figura 1, la aplicación de diferentes dosis de abonado nitrogenado sólo ha dado lugar a diferencias significativas en producción en el caso del tomate de industria en que la producción de fruto comercial fue inferior al resto de los tratamientos (No). Por tanto podemos concluir que, el tratamiento óptimo será el que reduce la aplicación de N un 30% ya que no conlleva merma de la producción y supone un ahorro económico y un menor riesgo de contaminación.

#### Nuevas tecnologías aplicadas al control nutricional.

Como ha quedado demostrado en los ensayos referidos previamente, es posible y recomendable la reducción de la aportación de fertilizantes nitrogenados sin pérdidas de producción; pero al mismo tiempo es importante controlar el estado nutricional del cultivo para asegurar que no se producirán carencias que disminuyan los rendimientos. Lo más recomendable sería hacer una abonado muy ajustado a las necesidades estacionales del cultivo, teniendo en cuenta los aportes externos y disponer de un sistema que permita verificar de forma rápida el estado nutricional de las plantas por si fuera necesaria una intervención rápida mediante fertirrigación en caso de detectarse una deficiencia.

En este sentido, son ya tradicionales los métodos rápidos de medición de nitratos en savia (electrodos selectivos y reflectómetros) así como la medida del contenido en clorofila en hoja siendo SPAD 502-Soil-Plant Analyses Development (Minolta, Japan) e Hydro N-Tester (HNt, Yara, Oslo, Noruega) los representantes más destacados. La eficacia de estos métodos ha sido ampliamente refrendada en muchos trabajos de investigación (Campbell et al., 1990; Dwyer et al., 1991; Li et al., 1998; Shaanhan et al., 1999; Wang et al., 2004) y además presentan la ventaja de que son fáciles de manejar: no se necesita un operador especializado, pueden muestrearse superficies de 1-2 ha en 5-7 minutos y su adquisición es relativamente económica (Goffart et al., 2008); sin embargo, estos sistemas de medida sólo nos dan información acerca del estado del estrato de hojas que hemos medido, no integrando otros aspectos como son la arquitectura de la planta, el suelo sombreado, etc.

Por ello, y sobre todo a nivel de parcela, cada vez se utilizan más los sensores que trabajan a nivel de cubierta que, en general, utilizan métodos no invasivos que se basan en la medida de la luz, bien la que traspasa la cubierta vegetal o bien la que es reflejada por la misma (Tremblay, 2004). Dentro de estos sistemas encontramos los basados en sensores “pasivos”, es decir, la radiación incidente procede del sol, dentro de estos podemos destacar “CropScan”, “N-Sensor” y “Green-Seeker”; tienen una exactitud y precisión similar a la que se obtiene con SPAD o HNt siendo su especificidad baja (Goffart et al., 2008) y estando las lecturas muy

influenciadas por la variedad utilizada y por el estado hídrico de las plantas (Gianquinto et al., 2003).

Por otro lado están los sistemas basados en sensores “activos” que emiten su propia luz incidente permitiendo, así uniformizar las medidas y ampliar el horario de toma de datos a las 24 horas del día. Algunos de estos equipos se acoplan a tractores o automatismos de riego lo que permite una mayor comodidad y rapidez en las determinaciones y los hace más accesibles de cara a su utilización por los agricultores. Destacan: “N-sensor ALS”, “GreenSeeker Active Sensor” y “Crop Circle”, que ya están siendo probados, asociados a equipos que aplican fertilizantes, para regular en tiempo real, la cantidad de N a aportar a cada zona de cultivo en función de sus medidas.

Con el desarrollo de la informática también han aparecido programas que simulan la evolución de los cultivos bajo diferentes condiciones, el movimiento de agua y solutos en el suelo, etc. y que nos permiten establecer los momentos y las cantidades de fertilizantes más adecuados para mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes. Todos estos programas están siendo validados y calibrados, por diferentes grupos de investigación y para diferentes cultivos, de cara a su uso no tanto para mejorar los rendimientos sino como para conseguir unos cultivos más eficientes en el uso de todos los factores de producción, especialmente del N. Algunos de los modelos de simulación que están siendo utilizados en los cultivos hortícolas son: SOIL y SOIL\_N (Vegh et al., 2009), CROPGRO (Rinaldi et al., 2007b), NLEAP (Ersahin and Karaman, 2001; Karaman et al., 2005), sistemas GRID y GIS (Almasri and Kaluarachchi, 2007), HYDRUS-2D (Ajdary et al., 2007; Crevoisier et al., 2008; Doltra and Muñoz, 2010; Zhang et al., 2009) y EURODATE\_N (Doltra and Muñoz, 2010; Doltra et al., 2010; Rahn et al., 2010).

\*Bibliografía: Consultar al autor.

# Riego deficitario controlado en frutales de hueso y pepita. Experiencias en Extremadura

Víctor Moreno Rendón. Ingeniero Agrónomo



## INTRODUCCIÓN

En la fruticultura actual, cada vez más competitiva y con menores márgenes, la recolección, el aclareo y la poda, son los principales gastos de la campaña, suponiendo un amplio porcentaje de los gastos directos totales. Aunque el riego en Extremadura no es uno de los costes de cultivo de mayor importancia, ya que en buena parte de los regadíos no se paga por el agua consumida sino por superficie, las condiciones futuras serán diferentes con incrementos de tarifas que ya se están empezando a “sufrir” de cara a la próxima campaña, por lo que el ahorro y la optimización en el uso del agua debe ser un objetivo que además supone indudables beneficios para el medioambiente. Mediante el empleo de estrategias de Riego Deficitario Controlado (RDC), es posible disminuir los costes directamente asociados al riego, además de los gastos de poda, ya que se ha demostrado que el déficit hídrico es una herramienta muy útil para controlar el vigor en plantaciones intensivas, sin menoscabo de la producción, e incluso con incremento de la calidad. Esta metodología se ha probado con excelentes resultados en Extremadura con peral, melocotonero, olivo, y ahora con ciruelo japonés.

Para poder utilizar con garantías de éxito estrategias de RDC en frutales, es necesario conocer cuales son los momentos de menor sensibilidad al estrés hídrico, y/o aquellos en los que se puede ahorrar agua sin perjuicio económico. Así, en variedades tempranas de frutal de hueso el periodo menos sensible al déficit hídrico, desde el punto de vista de la producción y la calidad es tras la cosecha, siendo el momento ideal para el establecimiento de estrategias de RDC, produciendo grandes ahorros de agua al ser un periodo muy largo y con consumos de agua altos. En frutal de pepita y en hueso de variedades medias o tardías, es en la Fase II del crecimiento de fruto y en postcosecha el momento adecuado para aplicar RDC. Durante esta Fase II el crecimiento del fruto es mínimo y por tanto no se ve generalmente afectado por la falta de agua, mientras que el crecimiento vegetativo si puede ser reducido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos han sido realizados por personal investigador de la Finca La Orden Valdealsequera en la última década, tanto en plantaciones comerciales como en las parcelas experimentales de la Finca La Orden-Valdealsequera, sobre nectarina temprana variedad Early Diamond, pera Ercolini y ciruelo japonés de las variedades Red Beaut y Angeleno. Las labores de cultivo y tratamientos fitosanitarios fueron las habituales de la zona para cada tipo de cultivo, siendo únicamente el riego, realizado por goteo, lo que difería entre unos tratamientos y otros. Para cada especie se diseñó una estrategia de riego adaptada a sus características y en cada caso se probaron diferentes tratamientos con diferencias en cuanto a la duración e intensidad del estrés inducido en los periodos menos sensibles, comparando siempre con un control regado para satisfacer sus necesidades hídricas. Para evaluar la respuesta de los árboles a estos tratamientos, se midió en cada uno de ellos, el volumen de agua aplicada, la producción unitaria, los calibres, y el peso de la madera de poda, además de otras medidas para caracterizar la respuesta fisiológica de los árboles.

Los tratamientos de RDC establecidos en cada uno de los ensayos fueron:

Cuadro 1. Estrategias de RDC empleadas en los ensayos realizados.

|                           |     | ANTES DE RECOLECCIÓN |         |          | DESPUÉS DE RECOLECCIÓN         |                         |
|---------------------------|-----|----------------------|---------|----------|--------------------------------|-------------------------|
|                           |     | Fase I               | Fase II | Fase III | Hasta inicio decaimiento árbol | Hasta fin campaña riego |
| <b>Nectarina Temprana</b> | T.1 | 100%                 |         |          | 100%                           |                         |
|                           | T.2 | 100%                 |         |          | 50%                            |                         |
|                           | T.3 | 100%                 |         |          | 50%                            | 75%                     |
|                           | T.4 | 100%                 |         |          | 25%                            |                         |
|                           | T.5 | 100%                 |         |          | 25%                            | 75%                     |
| <b>Pera</b>               | T.1 | 100%                 |         |          | 100%                           |                         |
|                           | T.2 | 50%                  | 100%    | 100%     | 50%                            |                         |
|                           | T.3 | 50%                  | 50%     | 50% 100% | 50%                            |                         |
| <b>Ciruelo Temprano</b>   | T.1 | 100%                 |         |          | 100%                           |                         |
|                           | T.2 | 100%                 |         |          | 30%                            |                         |
|                           | T.3 | 100%                 |         |          | 60%                            |                         |
| <b>Ciruelo Tardío</b>     | T.1 | 100%                 |         |          | 100%                           |                         |
|                           | T.2 | 100%                 | 0%      | 100%     | 30%                            |                         |
|                           | T.3 | 100%                 | 20%     | 100%     | 60%                            |                         |

## RESULTADOS

El ajuste de las estrategias de riego a las características fenológicas y patrón estacional de crecimiento de la especie y de la variedad, resulta de vital importancia para la consecución de los objetivos perseguidos con el establecimiento de estrategias de RDC.

En nectarina temprana, no se detectaron mermas ni en las producciones medias, ni el número de frutos comerciales con los tratamientos de RDC menos intensos (T.2 y T.3). El valor de la producción fue similar en el tratamiento control y en los de RDC de menor intensidad, con ahorros de agua del 41 al 75% del total utilizada en la campaña con respecto al control, al que se aportaron 7.550 m<sup>3</sup>/ha [Cuadro 3].

Cuadro 2. Resultados ensayos RDC realizados.

| Especie y variedad de ensayo | Tto. | ETc (mm) | Lluvia (mm) | Agua riego (m <sup>3</sup> /ha) |
|------------------------------|------|----------|-------------|---------------------------------|
| <b>Nectarina Tempran.</b>    | T1   | 566      | 39          | 7.860                           |
|                              | T2   | 586      | 39          | 5.000                           |
|                              | T3   | 586      | 39          | 5.400                           |
|                              | T4   | 586      | 39          | 3.400                           |
|                              | T5   | 586      | 39          | 4.150                           |
| <b>Pera Ercolini</b>         | T1   | 740      | 133         | 8.260                           |
|                              | T2   | 740      | 133         | 6.400                           |
|                              | T3   | 740      | 133         | 5.000                           |

| Especie y variedad de ensayo | Tto. | ETc (mm) | Lluvia (mm) | Agua riego (m <sup>3</sup> /ha) |
|------------------------------|------|----------|-------------|---------------------------------|
| <b>Ciruela Red Beaut</b>     | T1   | 495      | 112         | 4.950                           |
|                              | T2   | 495      | 112         | 2.237                           |
|                              | T3   | 495      | 112         | 4.340                           |
| <b>Ciruela Angeleno</b>      | T1   | 643      | 112         | 5.428                           |
|                              | T2   | 643      | 112         | 3.507                           |
|                              | T3   | 643      | 112         | 3.795                           |

En la pera Ercolini, la producción media de T2 es significativamente superior a la del tratamiento control T1 y al tratamiento más deficitario (T3), si bien el valor de la producción es similar a T1 al tener T2 mayor porcentaje de frutos no comerciales por bajo calibre. El ahorro de agua en la campaña es notable entre los tratamientos, aportando 8.260 m<sup>3</sup>/ha al tratamiento control, con ahorros del 23 al 40%, análogo al ahorro en el consumo eléctrico que se produce. El ahorro de poda se situó entre el 37 y el 44% respecto al control. Hay que destacar que en el T1 se incrementaron los tratamientos fitosanitarios contra Psylla y moteado debido a la elevada densidad de la copa como consecuencia del vigor [Gráfica 1, B].

Cuadro 3.

| Especie y variedad de ensayo | Tratamiento | Agua de riego (m <sup>3</sup> /ha) | % Ahorro agua | Producción (Kg/ha) | % Frutos comerciales | Peso medio frutos (gr) | Madera de poda (Kg/árbol) | Valor producción (€) |
|------------------------------|-------------|------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|
| Nectarina temprana           | T1          | 7.860                              | 0             | 26.554             | 68                   | 113 ab                 | 16,9                      | 16.251               |
|                              | T2          | 5.000                              | 48            | 26.064             | 69                   | 112 ab                 | 18,6                      | 16.342               |
|                              | T3          | 5.400                              | 41            | 28.312             | 69                   | 116 b                  | 19,0                      | 17.511               |
|                              | T4          | 3.400                              | 75            | 25.094             | 60                   | 102 ab                 | 15,0                      | 12.560               |
|                              | T5          | 4.150                              | 62            | 26.072             | 63                   | 113 ab                 | 16,5                      | 14.444               |
| Pera Ercolini                | T1          | 8.260                              | 0             | 29.505             | 76                   | 90 b                   | 11,4 a                    | 14.665               |
|                              | T2          | 6.400                              | 23            | 33.879             | 65                   | 88 b                   | 7,1 b                     | 14.548               |
|                              | T3          | 5.000                              | 39            | 29.071             | 58                   | 81 a                   | 6,3 b                     | 11.082               |
| Ciruela Red Beaut            | T1          | 4.950                              | 0             | 7.257              | 86                   | 79                     | 24,7                      | 2.964                |
|                              | T2          | 2.237                              | 55            | 7.236              | 85                   | 80                     | 21,7                      | 2.922                |
|                              | T3          | 4.340                              | 12            | 6.142              | 85                   | 83                     | 23,5                      | 2.480                |
| Ciruela Angeleno             | T1          | 5.428                              | 0             | 27.820             | 94                   | 108                    | 25,0                      | 11.376               |
|                              | T2          | 3.507                              | 35            | 30.666             | 88                   | 92                     | 19,5                      | 11.739               |
|                              | T3          | 3.795                              | 30            | 30.379             | 91                   | 100                    | 19,2                      | 12.026               |

En la variedad Red Beaut de ciruelo temprano, no existen diferencias en las producciones, ni en los calibres ni en el valor de la producción, puesto que hasta recolección no se establecen los tratamientos de riego deficitario. Los ahorros de agua y de poda son notables, así, se aportaron 4.950 m<sup>3</sup>/ha al tratamiento Control, y un 55 y 12% menos a T2 y T3 respectivamente. Se produjeron reducciones entre un 12% y 5% en poda respecto a T1. (Cuadro 3).

En la variedad Angeleno tampoco se observan diferencias significativas en las producciones, en el porcentaje de frutos comerciales ni en el valor de la producción, aunque en el tratamiento más deficitario se obtuvieron frutos de menor calibre y con madurez más avanzada (datos no mostrados). Al tratamiento Control se le aportaron 5.428 m<sup>3</sup>/ha, situándose el ahorro de agua en ambas estrategias de RDC entre el 30 y el 35%, con ahorros en poda entre el 22% y el 23% para T2 y T3 respecto al tratamiento control (T1). (Cuadro 3).

### CONCLUSIONES

- El establecimiento de estrategias de RDC se muestra como una herramienta de interés para el establecimiento de programaciones de riego con aportes reducidos de agua, sin pérdida de producción y/o valor económico.
- En variedades de nectarina y ciruela tempranas, el empleo de estrategias de RDC postcosecha permite disminuir los volúmenes de agua de riego sin comprometer la producción ni disminuir su valor económico, disminuyendo los costes de poda.
- El empleo de estrategias de RDC en pera Ercolini y en variedades tardías de ciruelo, posibilita un ahorro considerable de agua sin merma de producción, pudiendo adelantar la fecha de recolección y obtener mejores precios de venta, y reduciendo los costes de poda.
- El RDC se muestra como una herramienta para mejora de la calidad de la fruta, calidad aún no recompensada en algunos mercados, pero que cada vez va teniendo mayor importancia como signo de distinción y calidad de los productos.

# Concentraciones foliares óptimas de nutrientes en ciruelo japonés (*Prunus salicina*, Lindl.) y melocotonero (*Prunus persica*, L. Batsch) en las Vegas del Guadiana (Extremadura). Optimización de la fertilización

Valme González García. Licenciada en Biología.

## INTRODUCCIÓN

El componente principal del material vegetal en plantas superiores es agua llegando a alcanzar del 80% al 95% del peso fresco. Sin embargo, las plantas no pueden subsistir únicamente con este elemento, necesitan para su desarrollo una serie de elementos minerales entre los que destacan: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn). Las cantidades necesarias de estos elementos en plantas varía a lo largo del desarrollo del ciclo de cultivo de forma que si no se proporcionan en las cantidades necesarias se corre el riesgo de que aparezcan limitaciones en el crecimiento y desarrollo.

Conocer la disponibilidad de un nutriente en el suelo y en el agua de riego, y las necesidades de la planta a lo largo de su ciclo de cultivo permite adaptar la fertilización a las necesidades reales del mismo. En este sentido, la fertirrigación representa la solución óptima para completar una nutrición racional ajustada a la demanda de las plantas.

Para verificar este ajuste entre disponibilidad y demanda es importante tener un procedimiento que permita verificar si el estado nutricional del cultivo es el adecuado. En este sentido, la concentración de un determinado nutriente en hojas u otros órganos de la planta se considera un buen indicador de estado nutricional. Para que esta medida sea operativa es necesario poder comparar con unos valores de referencia que permitan diagnosticar si la planta se encuentra en condiciones adecuadas, deficientes o tóxicas, respecto de ese elemento. Sin embargo, aunque existen varias tablas de referencia publicadas, estas no son siempre coincidentes ya que han podido ser establecidas en diferentes condiciones ambientales, para diferentes tipos varietales o condiciones de cultivo. En el caso del melocotonero y el ciruelo japonés, cultivos muy extendidos y de gran importancia económica en las Vegas del Guadiana, es importante verificar en el caso del melocotonero y establecer en el del ciruelo japonés los niveles de referencia para las condiciones agroecológicas de las Vegas del Guadiana, así como los momentos de muestreo más adecuados.

## OBJETIVOS

Establecer intervalos de concentración óptima de elementos minerales en ciruelo japonés y melocotonero bajo las condiciones ambientales de las Vegas del Guadiana en Extremadura, así como definir los momentos más adecuados de muestreo para realizar verificaciones nutricionales.

## METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos se seleccionaron 4 variedades de ciruelo japonés y 4 de melocotonero. De cada una de las especies se eligieron 2 variedades de ciclo corto y otras 2 de ciclo largo, distribuidas a lo largo de las Vegas del Guadiana de Extremadura (Vegas Altas y Vegas Bajas), disponiendo de 5 parcelas por variedad. En cada parcela se marcaron 3 árboles contiguos, en plena producción, resultando 20 parcelas de cada una de las especies de estudio. (Tabla 1).

Se recogieron 100 hojas de cada uno de los árboles a los 30, 60, 90 y 120 días después de plena floración (DDPF) durante los años 2004 y 2005, situadas en el tercio medio de los brotes del año y alrededor de toda la copa del árbol. Una vez recogidas se guardaron en bolsas de papel, y se mantuvieron refrigeradas en una nevera portátil hasta su procesamiento posterior.

| Especies        | Ciclos | Variedad | Localización |
|-----------------|--------|----------|--------------|
| Ciruelo Japonés | Corto  | CC1      | Vegas Bajas  |
|                 |        | CC2      | Vegas Altas  |
|                 | Tardío | CL3      | Vegas Bajas  |
|                 |        | CL4      | Vegas Altas  |
| Melocotonero    | Corto  | MC1      | Vegas Bajas  |
|                 |        | MC2      | Vegas Altas  |
|                 | Tardío | ML3      | Vegas Bajas  |
|                 |        | ML4      | Vegas Altas  |

**Tabla 1.** Relación de especies, ciclos vegetativos, variedades y localización de las parcelas [CC: ciruelo ciclo corto, CL: ciruelo ciclo largo, MC: melocotón ciclo corto, ML: melocotón ciclo largo].

En laboratorio las muestras se lavaron según un protocolo preestablecido (Jomaa, 2002) y se realizaron las determinaciones analíticas de N ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), P ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), K ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Ca ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Mg ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), Cu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), Mn ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), y Zn ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), conforme los Métodos Oficiales del MAPA (1994) en el Laboratorio General del Centro de Investigación Finca “La Orden-Valdealsequera”.

Todos los datos obtenidos se sometieron a un tratamiento estadístico utilizando como paquete estadístico el programa SPSS 15.0.

## RESULTADOS

En cuanto al momento de muestreo de hojas más adecuado para el diagnóstico nutricional de ciruelo japonés y melocotonero en las Vegas del Guadiana se ha determinado los 60 días después de plena floración como el más adecuado tras estudiar la evolución estacional de los nutrientes estudiados y relacionar con los resultados productivos.

Por otro lado se ha detectado que existen diferencias en el contenido de nutrientes dependiendo de la longitud de ciclo, por lo que se han estimado intervalos de confianza distinguiendo variedades de ciclo corto y de ciclo largo en ciruelo japonés (Tabla 2) y melocotonero (Tabla 3).

| INTERVALOS ÓPTIMOS CIRUELO JAPONÉS   |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Elementos Minerales                  | Ciclo Corto     |                 | Ciclo Largo     |                 |
|                                      | Límite Superior | Límite Inferior | Límite Superior | Límite Inferior |
| N ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  | 31,76           | 34,68           | 31,01           | 34,00           |
| P ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  | 3,74            | 4,70            | 2,70            | 3,22            |
| K ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  | 21,47           | 25,52           | 19,51           | 24,80           |
| Ca ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 19,68           | 24,12           | 20,00           | 23,87           |
| Mg ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 5,38            | 6,13            | 4,78            | 6,08            |
| Fe ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 94,99           | 112,53          | 90,22           | 111,38          |
| Cu ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 13,79           | 20,47           | 15,48           | 19,39           |
| Mn ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 80,71           | 152,63          | 70,92           | 202,15          |
| Zn ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 18,59           | 25,00           | 23,19           | 40,98           |

**Tabla 2.** Intervalos óptimos de concentración de nutrientes a los 60 DDPF en variedades de ciclo corto y largo en ciruelo japonés.

| INTERVALOS ÓPTIMOS MELOCOTONERO      |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Elementos Minerales                  | Ciclo Corto     |                 | Ciclo Largo     |                 |
|                                      | Límite Superior | Límite Inferior | Límite Superior | Límite Inferior |
| N ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  | 40,89           | 43,54           | 42,43           | 45,26           |
| P ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  | 2,72            | 3,02            | 2,78            | 3,11            |
| K ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  | 19,49           | 24,06           | 20,98           | 24,39           |
| Ca ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 14,26           | 17,12           | 15,34           | 17,82           |
| Mg ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 4,66            | 5,51            | 4,28            | 5,21            |
| Fe ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 87,26           | 106,20          | 86,25           | 104,08          |
| Cu ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 13,76           | 16,38           | 12,43           | 15,81           |
| Mn ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 45,95           | 130,75          | 48,67           | 100,83          |
| Zn ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) | 18,92           | 28,08           | 17,39           | 36,11           |

**Tabla 3.** Intervalos óptimos de concentración de nutrientes a los 60 DDPF en variedades de ciclo corto y largo en melocotonero.

## AGRADECIMIENTOS

Estos trabajos se han realizado gracias a la cofinanciación de la Junta de Extremadura y los Fondos FEDER.

\*Bibliografía: Consultar al autor.

## Proyectos relacionados con el riego y la nutrición en cultivos hortofrutícolas realizados en el Centro de Investigación finca La Orden-Valdealsequera en los últimos 5 años

**TÍTULO:** Desarrollo de un sistema de recomendación de riego y abonado nitrogenado para la reducción del impacto ambiental de las rotaciones hortícolas.

**FINANCIACIÓN:** INIA + FEDER

**DURACIÓN:** 2005-2007

**PROYECTO COORDINADO:** CIDA de la rioja, ITGA de Navarra, CIFA de Granada, ETSIAM de Córdoba, IVIA Valencia

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar [Coordinadora del subproyecto]; González García, José Ángel; Moñino Espino, María José; Daza Delgado, Carlota; Vivas Cacho, Antonio; Campillo Torres, Carlos

**TÍTULO:** El uso eficiente del nitrógeno en las rotaciones hortícolas.

**FINANCIACIÓN:** PRI + FEDER

**DURACIÓN:** 2008-2010

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Daza Delgado, Carlota [Coordinadora del proyecto]; Campillo Torres, Carlos; Bautista Toscano, Juan.

**TÍTULO:** Programaciones de riego en olivar de cobertura incompleta basadas en medidas de relaciones hídricas

**FINANCIACIÓN:** INIA + FEDER

**DURACIÓN:** 2004-2007

**PROYECTO COORDINADO:** Junta de comunidades de Castilla-La Mancha, Universidad de Córdoba.

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar [Coordinadora del subproyecto]; Pérez Rodríguez, Juan Manuel; Martín Vertedor, Ana Isabel; Ruiz Afán, Inés María; Moñino Espino, María José; Vivas Cacho, Antonio.

**TÍTULO:** Estrategias de riego deficitario para el control del vigor en plantaciones de olivar en seto en Extremadura y su efecto sobre la producción y la calidad del aceite.

**FINANCIACIÓN:** INIA + FEDER

**DURACIÓN:** 2008-2011

**PROYECTO COORDINADO:** INTAEX; IFAPA de Andalucía; Universidad de Extremadura; Universidad de Sevilla.

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar [Coordinadora del subproyecto]; Pérez Rodríguez, Juan Manuel; González García, José Ángel; Puebla Arias, Manuel; Moñino Espino, María José; Ruiz Afán, Inés María

**TÍTULO:** Mejora del sistema de producción vitícola. Uso eficiente del riego y otras prácticas de cultivo.

**FINANCIACIÓN:** INIA + FEDER

**DURACIÓN:** 2008-2011

**PROYECTO COORDINADO:** INTAEX; IVIA de Valencia; IMIDA de Murcia.

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar [Coordinadora]; Uriarte Hernández, David; Picón Toro, Joaquín; Mancha Ramírez, Luis Alberto

**TÍTULO:** Riego deficitario para vinos y uva de calidad.

**FINANCIACIÓN:** INIA + FEDER

**DURACIÓN:** 2005-2008

**PROYECTO COORDINADO:** INTAEX; IVIA de Valencia; ITAP de Albacete; IRTA de Lleida; ICIA de Canarias; CITA de Aragón.

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar [Coordinadora del subproyecto]; Uriarte Hernández, David; Picón Toro, Joaquín; Mancha Ramírez, Luis Alberto

**TÍTULO:** Establecimiento de indicadores agronómicos y enológicos para una vendimia orientada a la elaboración de vinos tintos de calidad en Extremadura.

**FINANCIACIÓN:** PRI + EMPRESA + FEDER

**DURACIÓN:** 2006-2008

**PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL:** Bodegas Otero Vaquera; Bodegas Juan Leandro Romero; Bodegas García de la Peña, S.L.; Isidoro Martín Mangas; Encarnación Cruz-Guzmán López.

**PROYECTO COORDINADO:** Santa Ana

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar [Coordinadora del subproyecto]; Uriarte Hernández, David; Picón Toro, Joaquín; Mancha Ramírez, Luis Alberto.

**TÍTULO:** Transferencia de un paquete tecnológico a Bodegas Antonio Medina e Hijos S.A para innovar el cultivo del viñedo.

**FINANCIACIÓN:** PRI + EMPRESA + FEDER

**DURACIÓN:** 2010-2011

**PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL:** Bodegas Antonio Medina e Hijos S.A

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** González Toscano, Juan Bautista (Coordinador del proyecto); Uriarte Hernández, David; Picón Toro, Joaquín; Mancha Ramírez Luis Alberto, Benítez Guerrero, Antonio; Picón Toro, Julia; Membrillo Moreno, Julián; Moreno Cruz, Víctor.

**TÍTULO:** Empleo de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) en ciruelo japonés. Red de Investigación Transfronteriza de Extremadura, Centro y Alentejo (RITECA).

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2009-2010

**PROYECTO COORDINADO:** RECET de Portugal; Universidad de Évora, Instituto Politécnico de Beja, Instituto Politécnico de Portalegre, Instituto Nacional de Recursos Biológicos, Associação de Desenvolvimento Regional do Instituto Politécnico de Portalegre, Centro Operativo e de Tecnología de Regadio.

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** María José Moñino Espino (Coordinadora), Ana Isabel Martín Vertedor, Antonio Vivas Cacho, Víctor Moreno Rendón; José Carlos Rama Vázquez

**TÍTULO:** Transferencia de tecnología para programación de riego y fertilización en frutales de hueso a la sociedad cooperativa CAVAL.

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + EMPRESA + FEDER

**DURACIÓN:** 2007-2009

**PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL:** Sociedad Cooperativa Frutos CAVAL

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losada, María del Henar (Coordinadora); Pérez Rodríguez, Juan Manuel; Campillo Torres, Carlos; Lara Carrasco, Encarnación; Moñino Espino, María José; Vivas Cacho, Antonio; Gutiérrez Perera, Jesús María.

**TÍTULO:** Optimización del uso de agua y fertilizantes en plantaciones frutales bajo sistemas de producción ecológica

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + EMPRESA + FEDER

**DURACIÓN:** 2007-2009

**PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL:** SAT BIOSPHERA SECCIÓN FRUTALES

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Moñino Espino, María José (Coordinadora); Prieto Losada, María del Henar; Vivas Cacho, Antonio; González García, Valme, Moreno Rendón, Víctor.

**TÍTULO:** Estrategias de riego en peral en las Vegas Bajas del Guadiana

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2003-2009

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Moñino Espino, María José (Coordinadora); Prieto Losada, María del Henar; Vivas Cacho, Antonio.

**TÍTULO:** Caracterización del estado nutricional del ciruelo japonés y melocotonero en las Vegas del Guadiana, dentro del marco de la producción integrada en Extremadura. Elaboración de propuestas y planes de abonado.

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2006-2007

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** González García, Valme (Coordinadora); Prieto Losada, María del Henar; Vivas Cacho, Antonio.

**TÍTULO:** Uso de modelos de simulación de cultivos, para el establecimiento de protocolos de riego en déficit y adopción de programas de riego deficitario controlado en cultivos leñosos RDC.

**FINANCIACIÓN:** INIA + FEDER

**PROYECTO COORDINADO:** IRTA Junta de Extremadura

**DURACIÓN:** 2010-2012

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Prieto Losado, María del Henar (Coordinadora subproyecto), Moñino Espino, María José; Picón Toro, Joaquín; Mancha Ramírez, Luis Alberto; Martín Vetebon, Ana; Uriarte Hernández, David; Rodríguez Fernando.

**TÍTULO:** Estrategias de riego deficitario en cultivos leñosos de interés en Extremadura

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2011

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** María José Moñino Espino (Coordinadora), grupo de relaciones hídricas.

**TÍTULO:** Estrategias de riego deficitario controlado y uso de la agricultura de precisión para aumentar la eficiencia en el uso del agua en ciruelo japonés y vid.

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2011-2013

**PROYECTO COORDINADO:** Centro de Investigación La Orden-Valdealsequera, Centro Operativo y de Tecnología de Regadío de Alentejo (COTR), Instituto Politécnico de Beja / Escuela Superior Agraria de Beja (ESAB), Universidad de Évora / Instituto de Ciencias Agrarias Mediterráneas (ICAAM). Universidad de Extremadura, Instituto Superior de Agronomía, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Pescas – Estação Vitivinícola Nacional (EVN).

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** María José Moñino Espino (Coordinadora).

**TÍTULO:** Estudios de estrategias de riego en precosecha y poscosecha en el cultivo del cerezo en el Valle del Jerte.

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2010-2012

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Nieto Serrano, Elena (Coordinadora); Campillo Torres, Carlos; González García, Valme; Fortes Gallego, Rafael; Pérez Izquierdo, Manuel.

**TÍTULO:** Utilización de estrategias de riego deficitario controlado para mejorar la calidad del cultivo de tomate de industria.

**FINANCIACIÓN:** JUNTA DE EXTREMADURA + FEDER

**DURACIÓN:** 2010-2012

**EQUIPO INVESTIGADOR DEL CENTRO:** Campillo Torres, Carlos (Coordinador); Prieto Losada María del Henar; Fortes Gallego, Rafael.

## GRUPO RELACIONES HÍDRICAS Y NUTRICIÓN EN CULTIVOS HORTÍCOLAS Y LEÑOSOS.

### LÍNEAS DE TRABAJO

- Ecofisiología de cultivos
- Relaciones Hídricas
- Programación y estrategias de riego
- Nutrición cultivos
- Detección precoz de deficiencias nutricionales

### OFERTA TECNOLÓGICA

- Asesoramiento en el ajuste de programaciones de riego para diferentes cultivos de la zona
- Mejoras en técnicas de cultivo en horticultura
- Optimización de insumos
- Diseño de estrategias de riego deficitario controlado en hortícolas y frutales
- Tecnología para seguimiento del estado hídrico de los cultivos
- Asesoramiento en técnicas de análisis foliar, programaciones de abonado y detección precoz de deficiencias nutricionales





Grupo de Relaciones Hídricas y Nutrición en  
Cultivos Hortícolas y Leñosos  
Departamento de Hortofruticultura  
Centro de Investigación Agraria  
Finca La Orden-Valdesequera  
06187 Guadajira (Badajoz)  
Tlfn: 924 01 40 00 - Fax: 924 01 40 01  
[www.centrodeinvestigacionlaorden.es](http://www.centrodeinvestigacionlaorden.es)

**Financia:**

(AC2010-00046-00-00)



**Cofinancia:**



## JUNTA DE EXTREMADURA

Vicepresidencia Segunda y  
Consejería de Economía, Comercio e Innovación