



EJEMPLO PRÁCTICO PARA LLEVAR A CABO UNA ADECUADA FERTIRRIGACIÓN EN UN CULTIVO DE MELOCOTONERO

# Consideraciones técnicas para la programación de la fertirrigación en cultivos frutales

Un plan de abonado debe tener en cuenta las extracciones del cultivo, pero también la oferta de nutrientes proveniente del medio, que incorpora tanto los aspectos de la fertilidad intrínseca del suelo como la oferta derivada de las restituciones del propio cultivo, además de los aportes del agua de riego que pueden ser importantes en ciertos casos. Por otro lado, los planes de abonado deberán ajustarse a las características del material vegetal, particularmente en lo que se refiere a su vigor y características productivas, y a los objetivos de la producción. En este artículo se dan las nociones básicas para realizar una correcta fertirrigación en frutales mediante el análisis de un ejemplo práctico en melocotonero.

F. Fonseca<sup>1</sup>, J. Lordan<sup>2</sup>, J. Rufat<sup>1</sup>,  
J. M. Villar<sup>2</sup>, M. Pascual<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Àrea de Tecnologia del Riego. Lleida

<sup>2</sup>Universitat de Lleida, Departament de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Lleida.

<sup>3</sup>Universitat de Lleida, Departament de Hortofruticultura, Botànica y Jardineria. Lleida.

La fertirrigación consiste en suministrar los nutrientes disueltos en el agua de riego, de tal forma que cada gota de agua contenga la misma cantidad. Esta técnica permite aplicar los nutrientes de forma controlada y uniforme en la zona del bulbo húmedo, donde están concentradas las raíces activas. Ello posibilita ajustar la aplicación a la absorción de nutrientes simultáneamente a la

transpiración de la planta, que se produce durante las horas de luz del día.

En algunos países como Israel más del 80% de la superficie regada utiliza sistemas de fertirrigación, existiendo compañías especializadas en sistemas de fertirrigación y producción de soluciones nutritivas a la demanda, del mismo modo que en España existen compañías capaces de ofrecer servicios semejantes.

Para poder llevar a cabo un buen programa de fertirrigación es necesario asegurar algunos aspectos básicos del sistema, como son: disponer de información de los suelos y de un adecuado diagnóstico, así como de una estimación precisa de las necesidades nutricionales y de riego en las diferentes fases de desarrollo del cultivo, que servirán para preparar una solución nutritiva, equilibrada y estable. Por supuesto, es fundamental disponer de un buen sistema de riego, con buena uniformidad a nivel de parcela; si no, a una mala distribución del agua de riego, le sumaremos la de los fertilizantes.

Sin embargo, se constata que aún siguen existiendo algunos déficits en cuanto a la puesta en práctica de los programas de fertirrigación, tanto en lo que respecta a su definición como a su aplicación. Por todo ello el presente artículo tratará, en un modo conceptual, de cómo elaborar y ejecutar un programa de fertirrigación en frutales.

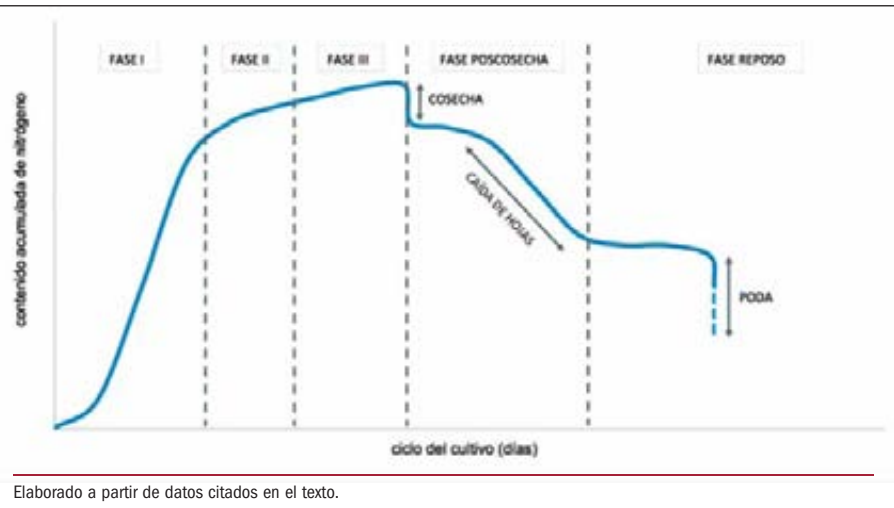
## Pasos a seguir en un programa de fertirrigación

### Información de suelos

Algunos planteamientos modernos de fertirrigación intentan minimizar el efecto del suelo en la respuesta de la planta. Sin embargo, el programa de fertirrigación sólo será eficaz si el agua de riego infiltra de tal modo que la formación del bulbo se genere sin pérdidas de agua o encharcamientos.

Las propiedades físicas del suelo condicionan el movimiento del agua en este medio, por esta razón es recomendable realizar un mínimo de evaluaciones de sus propiedades físicas, con el objetivo de evaluar sus características hidráulicas, que permitirán conocer las dimensiones del bulbo y la conductividad hidráulica dentro del mismo. Esta información es imprescindible para determinar la distancia entre emisores y su caudal, la duración de los pulsos de riego y el tiempo entre pulsos, y para la implementación

**FIGURA 1.**  
**Contenido acumulado de nitrógeno durante el ciclo del cultivo de melocotonero.**



Elaborado a partir de datos citados en el texto.

de medidas de conservación de suelo (como por ejemplo drenajes). Esta información es especialmente relevante en los casos de suelos en que se presentan niveles freáticos altos, problemas de salinidad, mal estructurados o con compactación.

### Estimación de las necesidades nutritivas

Las necesidades nutricionales de los cultivos frutales dependen de gran número de factores,

tanto del medio como del propio cultivo. Aún así, existen estudios que han sido capaces de estimar las necesidades de nutrientes de los cultivos frutales.

El objetivo de un plan de nutrición es el proveer los nutrientes necesarios para el cultivo, de modo que la producción no sea afectada por exceso o por defecto de nutrientes. Fundamentalmente, el plan de abonado se centrará en la restitución al medio de los nutrientes extraídos por el cultivo de modo que estén disponibles



Escorrentía superficial en riego por goteo. Foto: M. Pascual, 2010.



## CUADRO I.

Estimación de las necesidades de riego por fases del cultivo de melocotonero (cv. Andross) en condiciones de Lleida.

Fase	Duración (días)	ET <sub>o</sub> (mm)	ET <sub>c</sub> (mm)	Dosis de riego diaria (mm) <sup>1,2</sup>
Reposo	130	135	0	0
Fase I	60	200	120	2,2
Fase II	40	180	160	4,4
Fase III	50	240	220	5,1
Poscosecha	85	240	150	2,2

<sup>1</sup> Considerando una eficiencia del sistema de riego del 90%

<sup>2</sup> Una lámina de riego de 1 mm es igual a 10 m<sup>3</sup> de agua ha<sup>-1</sup>

cuando son necesarios; además de corregir las deficiencias del suelo o de la planta, si es preciso.

Un plan de abonado debe tener en cuenta las extracciones del cultivo y, además, la oferta de nutrientes proveniente del medio, que incorpora tanto los aspectos de la fertilidad intrínseca del suelo como la oferta derivada de las restituciones del propio cultivo, además de los aportes del agua de riego que pueden ser importantes en ciertos casos. Por otro lado, los planes de abonado deberán ajustarse a las características del material vegetal, particularmente en lo que se refiere a su vigor y características productivas, y a los objetivos de la producción.

Uno de los aspectos más relevantes del abonado de las plantaciones frutales se refiere a cuándo son necesarios los nutrientes. Como ejemplo, existen diversos trabajos que han estudiado la dinámica de la absorción de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo en melocotonero (Muñoz *et al.*, 1993; Policarpo *et al.*, 2001; Rufat y DeJong, 2001; Thomidis *et al.*, 2006; Krige y Stassen, 2008). La mayoría de los trabajos señalan que la absorción de nitrógeno por parte del cultivo se produce en los primeros estadios de desarrollo del cultivo, durante la fase I de crecimiento del fruto (**figura 1**), de similar modo a la mayoría del resto de nutrientes. Por consiguiente, es razonable plantear los programas de nutrición de tal modo que suministren la mayor parte de los nutrientes durante las primeras fases de desarrollo del cultivo.

### Estimación de las necesidades de agua de riego

Para suministrar el agua de riego necesaria para el cultivo es fundamental estimar con precisión el consumo de agua de la planta, además de tener en cuenta la eficiencia del siste-

ma de riego. En los cálculos de la estimación de las necesidades de riego también se tendrán en cuenta la conductividad eléctrica del suelo y la del agua de riego, para poder aplicar la corrección de dosis de riego pertinente.

Existen varios métodos que permiten estimar las necesidades de riego del cultivo. Es frecuente que se calcule la dosis de riego a partir de información meteorológica. En unos casos esta información la pone a disposición la propia Administración, y en otros es recomendable instalar equipos que permitan disponer de esta información a pie de finca. El **cuadro I** muestra, a modo de ejemplo, la estimación de las necesidades de riego de un cultivo de melocotonero (cv. Andross) de la zona de Lleida.

## Elaboración del plan de fertirrigación

A partir de las estimaciones de las necesidades de riego, de las extracciones de nutrientes y de la dinámica de extracción, se podrá elaborar un plan de fertirrigación que incluirá el cálculo de las cantidades de nutrientes necesarios junto con el agua de riego necesarios en cada una de las fases del cultivo.

A modo de ejemplo, en el presente artículo se desarrollará un plan de fertirrigación a partir de datos obtenidos en un experimento en melocotonero realizado por los autores. Para su desarrollo se utilizarán sólo el nitrógeno y el potasio a fin de simplificar los cálculos. Los datos utilizados corresponden a un experimento de riego y nutrición en melocotonero llevado a cabo por los autores durante seis años (Domingo, X., 2010; Rufat *et al.*, 2010).

En primer lugar se deben determinar las necesidades de riego del cultivo, siendo en este caso las que se muestran en el **cuadro I**, calculadas de la información de una estación me-

teorológica cercana a la finca y utilizando los coeficientes de cultivo de melocotonero (Girona, J.; 1996). Las necesidades nutritivas del cultivo se evaluaron experimentalmente en 60 kg N ha<sup>-1</sup> para una producción media de 40 t ha<sup>-1</sup> (Domingo, X., 2010).

Por tanto, en este ejemplo concreto el plan de fertirrigación consiste en suministrar 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno junto con el agua de riego durante la fase I. Atendiendo al plan de fertirrigación previsto, durante la fase I del desarrollo del melocotonero (de 60 días de duración) se ha estimado necesario un riego de 2,2 mm diarios de promedio (**cuadro I**), lo que supone 1.320 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de agua en el período considerado.

También se ha previsto que durante el 30% del tiempo de riego no se aplicarán fertilizantes, sea a causa del mantenimiento de la instalación o por causa de las limitaciones derivadas de su diseño, por lo que solo contendrán fertilizantes 924 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, cálculo que se muestra en la **expresión 1**.

### Expresión 1.

$$1.320 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \times (1 - 0,3) = 924 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ del agua utilizada en el riego}$$

El cálculo de la concentración de nitrógeno en el agua de riego se realiza según muestra la **expresión 2** (recordemos que 1 ppm ≈ 1 mg l<sup>-1</sup> = 1 g m<sup>-3</sup>, en disolución).

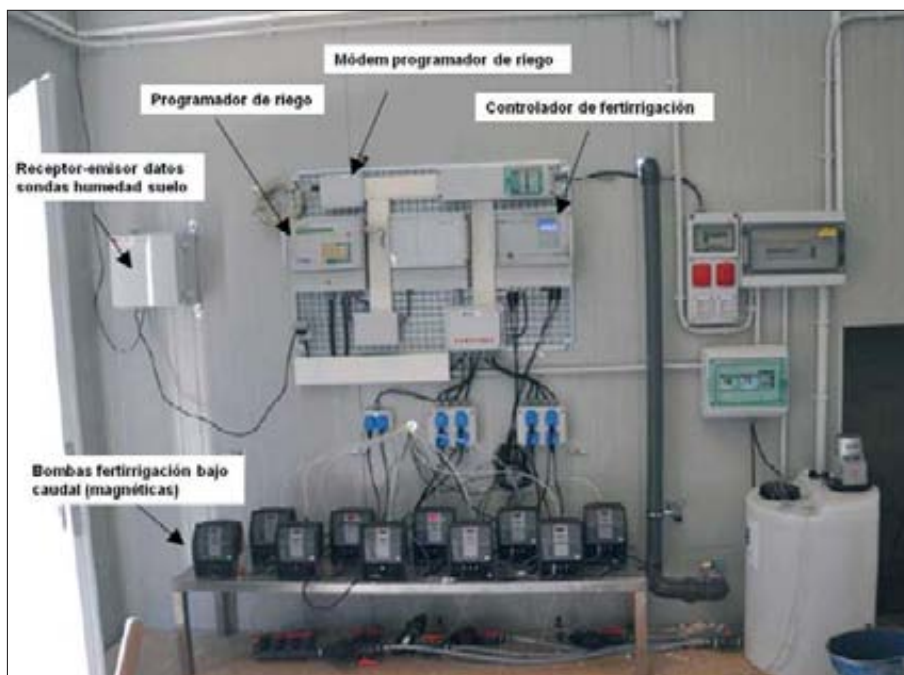
### Expresión 2.

$$[N] = \frac{60.000 \text{ g N} \cdot \text{ha}^{-1}}{924 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}} = 64,9 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-3} \approx 65 \text{ ppm N}$$

Dado que deben aplicarse 65 ppm (ó g m<sup>-3</sup>) de nitrógeno, sólo faltaría calcular la cantidad de abono a aportar en función de la riqueza del fertilizante elegido. Suponiendo que se utiliza nitrato potásico (la riqueza en nitrógeno del nitrato potásico es de 13,85%), la cantidad de nitrato potásico que debería contener el agua de riego se calcularía según la **expresión 3**.

### Expresión 3.

$$\frac{65 \text{ g N}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1.000 \text{ g nitrato potásico}}{138,5 \text{ g N}} = 469 \text{ g nitrato potásico} \cdot \text{m}^{-3} \text{ de agua}$$



Cabezal de riego preparado para la fertirrigación con control de pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva.  
Foto: M. Pascual, 2010.

El plan de fertirrigación contempla también la aplicación de potasio (K) con una relación N:K = 1:1,5 en el agua de riego. Por tanto, el agua de riego deberá contener 97,5 ppm de K. El nitrato de potasio aplicado supone un aporte de 181,5 ppm de K (el contenido en K del nitrato potásico es de 38,7% y la relación N:K = 1:2,8). Para equilibrar la relación N:K hasta 1:1,5 como se prevé en el agua de riego, deberá aportarse nitrógeno.

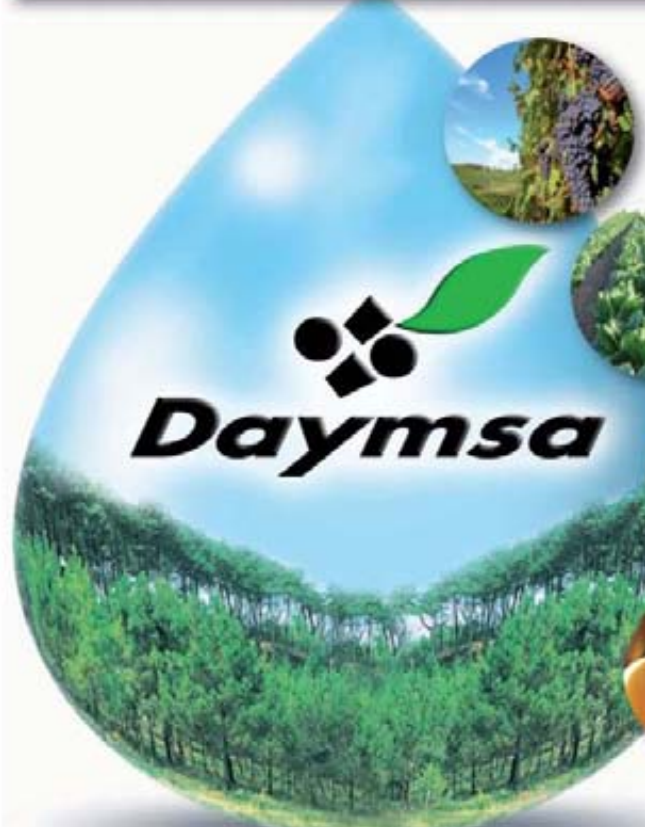
De manera consecuente, fijamos como base de cálculo el potasio por ser el nutriente en exceso, de modo que la cantidad de nitrato de potasio será tan solo la necesaria para suministrar el K, como muestra la **expresión 4**.

**Expresión 4.**

$$\frac{97,5 \text{ g N}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1.000 \text{ g nitrato potásico}}{387 \text{ g N}} =$$

252 g nitrato potásico \* m<sup>-3</sup> de agua

# HELIOSOL®



• Controla la conyza y otras hierbas difíciles con **HELIOSOL®**

• Para la total penetración de los herbicidas y potenciar su funcionamiento, añada **HELIOSOL®** en el tratamiento.

• Retentor - fijador - antideriva de la máxima eficacia **Daymsa**



Producto Certificado por INTERECO, para su utilización en Agricultura Ecológica según Reglamento (CE) 834/2007



Por lo que si aplicamos 252 g de  $\text{KNO}_3$  por  $\text{m}^3$  de agua, obtendremos una solución con 97,5 ppm de K y 35 ppm de N, lo que significa que tendremos un déficit de 30 ppm de nitrógeno para alcanzar la concentración objetivo. Suponiendo que el nitrógeno que falta lo suministramos en forma de nitrato amónico ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) tendremos que añadir la cantidad calculada en la **expresión 5**.

#### Expresión 5.

$$\frac{30 \text{ g N}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1.000 \text{ g nitrato potásico}}{335 \text{ g N}} =$$

$$89,5 \text{ g nitrato potásico} \cdot \text{m}^{-3} \text{ de agua}$$

La solución quedará equilibrada utilizando como base 252 g de nitrato potásico y 89,5 g de nitrato amónico por  $\text{m}^3$  de agua de riego, con lo que la concentración de nutrientes en el agua de riego será de 65 ppm de N y 97,5 ppm de K.

## Solución madre y tasa de inyección de la bomba

El siguiente paso consiste en calcular la cantidad de los diferentes abonos que debemos utilizar para preparar una solución madre que, almacenada en el depósito del cabezal de riego, pueda ser inyectada al agua de riego que circula por la instalación. El criterio más usual, a nivel de explotación, consiste en preparar disoluciones prácticamente saturadas con el objetivo de manejar el menor volumen posible de agua. Esto permite, por un lado, repercutir favorablemente en el coste de preparación y, por otro, permite aumentar la capacidad de suministro de nutrientes de las bombas inyectoras de fertilizante.

Siguiendo con el ejemplo, la solución madre se prepararía en base al fertilizante con menor solubilidad, en este caso el nitrato potásico. La solubilidad del  $\text{KNO}_3$  a  $10^\circ\text{C}$  es, aproximadamente, del 20% p/p; mientras que el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tiene una solubilidad superior al 100% p/p a  $10^\circ\text{C}$ . Por tanto, la solución madre estaría compuesta por nitrato potásico disuelto al 20% p/p más nitrato amónico que se disolvería a razón de 7,1% p/p, teniendo en cuenta que la relación N:K es de 1:1,5

tanto en la solución madre como en el agua de riego. El resultado de esta mezcla representa aproximadamente una concentración de nitrógeno de  $51,5 \text{ g l}^{-1}$  de solución madre y, proporcionalmente, de  $77,4 \text{ g l}^{-1}$  de potasio.

La bomba inyectora se ajustará a una tasa de inyección de solución madre (volumen de solución madre por volumen de agua de riego) que será igual al cociente entre la concentración de nitrógeno del agua de riego y la concentración de nitrógeno en la solución madre, tal como se muestra en la **expresión 6**.

#### Expresión 6.

$$\frac{65 \text{ g de nitrógeno}}{\text{m}^3 \text{ agua de riego}} \times \frac{1 \text{ l solución madre}}{51,5 \text{ g de nitrógeno}} =$$

$$\frac{1,26 \text{ l de solución madre}}{1 \text{ m}^3 \text{ de agua de riego}}$$

Para la elaboración de un plan de fertirrigación más complejo, el cual contemple un mayor número de nutrientes, además de los aspectos derivados de equilibrio entre éstos, de la conductividad eléctrica de la solución y otros aspectos de manejo, existen herramientas informáticas de soporte específicas para tal fin.

## Elección de los fertilizantes

El tipo de abono a utilizar no es una cuestión fácil de evaluar y en su elección intervienen muchos factores, como por ejemplo: formulación, riqueza, solubilidad, tipo de reacción, compatibilidad, índice salino, etc. El factor económico es a menudo el determinante, atendiendo principalmente al coste de la unidad fertilizante frente a la naturaleza, eficacia y eficiencia del abono.

Los abonos utilizados en fertirrigación pueden ser sólidos o líquidos. La composición y solubilidad de un fertilizante son las principales características a tener en cuenta en fertirrigación a la hora de elegir el abono. Una de las ventajas que tienen los abonos sólidos con respecto a los líquidos, puede ser su precio. No obstante los abonos líquidos ofrecen una serie de ventajas: son soluciones estables, pueden tener una reacción ácida, o ligeramente ácida, y pueden pedirse formulados a la carta.

## Recomendaciones finales

La fertirrigación es una tecnología madura cuyo uso está ampliamente justificado por la mejora de la eficiencia de uso de agua y nutrientes y sus efectos positivos en la producción y la rentabilidad final de los cultivos. Sin embargo es necesario efectuar una programación de riego lo más precisa posible, a la vez que estimar correctamente las necesidades de nutrientes de la plantación en las diferentes fases del cultivo. Para ello es necesario el conocimiento exhaustivo tanto del medio ecológico como del cultivo a nivel de parcela. La elaboración y ejecución del plan de fertirrigación es compleja y deben ser llevados a cabo por técnicos especialistas evitando la aplicación de planes prefijados, salvo que su efectividad esté muy probada. ●

### Bibliografía ▼

- Domingo, X. 2010. Effects of irrigation and nitrogen application on vegetative growth, yield and fruit quality in peach (*Prunus persica* L. Batsch cv. Andross) for processing. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. España.
- Krige, G.T., Stassen, P.J.C. 2008. Mineral nutrient distribution and requirement of pulse drip fertigated "Donanrine" nectarine trees. *Acta Horticulturae* 772.
- Muñoz, N., Guerrí, J., Legaz, F., Primo-Millo, E. 1993. Seasonal uptake of  $15\text{N}$ -nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees. *Plant and soil* 150, 263-269.
- Policarpo, M., Di Marco, L., Caruso, T., Gioacchini, P., Tagliavini, M. 2002. Dynamics of nitrogen uptake and partitioning in early and late fruit ripening peach (*Prunus persica*) tree genotypes under a mediterranean climate. *Plant and soil* 239, 207-214.
- Rufat, J., DeJong, T. 2001. Estimating seasonal nitrogen dynamics in peach trees in response to nitrogen availability. *Tree physiology* 21, 1133-1140.
- Rufat, J., Domingo, X., Arbonés, A., Pascual, M., Villar, J.M. 2010. Interaction between water and nitrogen management in peaches for processing. *Irrigation science*. Publicación en línea. DOI: 10.1007/s00271-010-0234-4.
- Thomidis, T., Tsiouridis, C., Darara, V. 2006. Seasonal variation of nutrient elements in peach fruits (cv. May Crest) and its correlation with development of Brown rot (*Monilia laxa*). *Scientia Horticulturae* 111, 300-303.