

## La fertirrigación y su aplicación a los cultivos hidropónicos

### Dispositivos para fertirrigación en sistemas de riego localizado



#### CULTIVOS LEÑOSOS

# Fertirrigación por goteo de los cultivos leñosos

Los actuales programas tienen en cuenta todas las consideraciones agronómicas que influyen en este método

*Dentro de los factores de producción en manos del agricultor qué duda cabe que, además de la propia selección del material vegetal, el riego y la correcta fertilización son dos de las prácticas agrícolas más importantes.*

● Miguel Giménez Montesinos; Marco Antonio Oltra Cámara; J. Mario Ferrández Cámara; Juan Martínez Tomé; Isabel Rodríguez-Guisado Bolinches; Francisca Hernández García; Joaquín Alfonso Gonzáles.

Universidad Politécnica de Superior de Orihuela y  
Universidad Miguel Hernández de Elche

**D**esde la aparición del riego por goteo, su implantación fue al principio un poco lenta, pero luego en la década de los 90 el incremento fue constante. Hoy no hay plantación con criterios de rentabilidad que no destine parte de la inversión a la instalación de este sistema. Una vez hecha la plantación con este tipo de riego se nos presenta el mejor manejo posible del mismo, para ello se tiene que calcular la programación no solo del riego, sino también de la nutrición. De ahí surge la conjunción de ambos, que es lo que hace eficaz el sistema y aparece un

nuevo concepto el de "fertirrigación", aunque haya otros autores que prefieran denominarlo con el anglicismo de "fertigación". Entendemos que tanto en España como en Hispanoamérica la primera palabra define mejor el concepto, además que es más comprensible para el agricultor.

Fertirrigación por goteo es la aplicación multifraccionada de agua y nutrientes. Prácticamente cada vez que se riega se abona. Ello quiere decir que según los distintos cultivos leñosos, podremos hacer del orden de 150 a 200 riegos anuales, con frecuencia desde uno semanal a todos los días en verano.

Este elevado número de riegos obliga a realizar una programación de los mismos, la cual consiste simplemente en definir el agua y abono que se ha de aplicar cada mes y con qué frecuencia semanal se han de realizar los riegos. Para ello el técnico interesado realizará los cálculos correspondientes y en función de cada cultivo y variedad tendrá sus características particulares. Para ello se sirve de la clásica calculadora o mejor aún de los ordenadores con las hojas de cálculo.

Estos sistemas son válidos para cálculos cortos, ya que al tener que hacerlos al menos una vez al mes, si fueran muchas fincas o bien muchos sectores, resultan a veces tediosos y con posibles errores. Por ello hoy en día es preferible utilizar programas informáticos específicos para cada tipo de cultivo que ya vienen utilizándose tanto en citricultura (en el que más), como en fruticultura.



Plantación de cítricos en la Comunidad Valenciana.

En esta breve reseña vamos a describir una serie de programas concebidos específicamente para los distintos cultivos leñosos: *Fercitrus* (cítricos), *Ferprunus* (frutales de hueso), *Ferpyrus* (frutales de pepita), *Ferole* (olivo), *Fervitis* (viña de vino y uva de mesa), *Ferpúnica* (granado) y *Farmeler* (almendro). Básicamente el esquema es parecido en todos ellos de forma que cuando se maneja uno de ellos ya se pueden utilizar todos los demás. Su finalidad es proporcionar la recomendación de la fertirrigación mensual (semanal o diaria si se quiere) por escrito, en apenas 20 segundos, con la garantía de no cometer errores, si los datos que se le ha proporcionado al ordenador son correctos, para cada cultivo y llegando a particularizar a cada combinación variedad/patrón.

Todos estos programas vienen con el apellido V 3.0, queriendo ello significar que ya van por la tercera versión, después de haberse comprobado su eficacia en las dos versiones anteriores. Su realización ha sido posible gracias a la conjunción de un equipo preocupado por estos temas, pertenecientes a la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO), de la Universidad Miguel Hernández de Elche, con la única finalidad de facilitar al técnico su labor. Como luego se verá el técnico agrícola es fundamental en el desarrollo de los programas y de su funcionamiento.

### Fundamentos agronómicos

Los programas podemos dividirlos en dos partes claramente diferenciadas: la puramente agronómica, que realiza todos los cálculos de fertirrigación, y otra, la informática, con todas las ventajas que le confieren las bases de datos, mediante las cuáles todo queda almacenado en el disco duro, pudiendo tener un historial de cada finca que se fertirrigue.

Desde el punto de vista agronómico, para determinar las necesidades de agua de un cultivo, Thorthwite y Penman establecieron en 1948 el concepto de Evapo-Transpiración Potencial (ETP), que se definía como la evaporación que sufría una superficie verde de hierba en crecimiento, sombreando toda la superficie del suelo a una altura uniforme y bien provisto de agua.

Este concepto correlacionaba el factor clima con las disponibilidades de agua del suelo y su entorno, de forma que indicaba sus máximas

necesidades en un período de riego que, evidentemente, no coincidía con la evaporación real del cultivo por muchas y variadas razones.

Hoy en día la FAO propone algo similar, que consiste en hallar la Evapo-Transpiración (ETo) de un cultivo de referencia en una zona determinada, con lo que se halla el efecto del clima en las necesidades hídricas de los cultivos. Posteriormente se ajustan dichas necesidades a las características particulares de cada cultivo mediante un coeficiente de cultivo (Kc), de forma, que dichas necesidades (ETo) vendrán dadas por la siguiente fórmula:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Así pues, la fórmula presenta de entrada dos incógnitas: ETo y Kc. Para la primera, es decir, para hallar la Evapo-Transpiración de referencia, la FAO propone cuatro métodos distintos, como se ve en el cuadro 1: Blaney-Criddle, Radiación, Penman y el Tanque Evaporímetro o Cubeta Clase A.

### Funcionamiento de los programas

Los programas cuentan con un módulo dedicado a estaciones agrometeorológicas, donde se encuentra la Eto calculada por estos cuatro métodos, además del Thorthwite y el Penman-Monteith. El primero por contar con muchos datos históricos y ser el más antiguo, el segundo porque en la actualidad ha sido adoptado por muchas estaciones, gozando de mucha popularidad y amenazando con desbancar a la Cubeta Clase A.

Como se ve la Eto no es problema, pudiéndose elegir el sistema preferido, si bien el programa por defecto utiliza la cubeta. Tan sólo nos queda aplicar el Kc adecuado a cada cultivo.

Cada programa almacena todos los datos necesarios de los cultivos, así como variedades y sus combinaciones con los distintos patrones, asignándole un coeficiente de cultivo (Kc) en función de las características de cada una de ellas y de su época de recolección.

Previamente al cálculo del riego hemos tenido que rellenar los datos de la finca que deseamos calcular, y que son guardados en su correspondiente módulo. Estos datos son: cabezal, conductividad del agua de riego, sectores de riego, variedad y patrón, número de árboles que contiene cada sector, marco de plantación, diámetro de copa de la plantación, la textura del suelo, número de goteros pie y su caudal. Por último debemos asignar a la finca la estación agrometeorológica que se encuentre más próxima.

Con todos estos parámetros el programa nos calcula el agua para cada sector en particular, teniendo en cuenta la fracción de lixiviación o de lavado, si el agua no es de buena calidad. También tiene en cuenta el tamaño de los árboles o porcentaje de sombra para el caso de que no esté en plena producción. Asimismo, calcula la su-

CUADRO 1. MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA EVAPO-TRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA.

Método	Tª	Humedad	Viento	Insolación	Radiación	Evaporación	Condiciones locales
Blaney-Criddle	*	0	0	0	-	-	0
Radiación	*	0	0	*	(*)	-	0
Penman	*	*	*	*	(*)	-	0
Cubeta Clase A	-	0	0	-	-	*	*

\* Datos medidos. 0 Datos estimados.  
(\*) Cuando puede disponerse de ellos, pero no son indispensables.

perficie mojada, que en el caso de ser insuficiente recomienda recortar el riego con el fin de evitar pérdidas en profundidad (este concepto es exclusivo de nuestros programas). Desde un cálculo general, se particulariza con las características de cada sector de forma que unos parámetros restarán y otros sumarán, hasta un resultado final que aún puede variarse con la lectura de los tensiómetros si los tenemos instalados en la finca y con la posible previsión de temperatura para el periodo establecido. En definitiva se hace un "traje a medida".

El resultado final es que nos da el riego expresado en m<sup>3</sup>/sector, número de riegos a realizar y tiempo de cada uno de ellos, todo ello para el periodo deseado: mes, quincena, semana o días.

En cuanto a la fertilización, cada cultivo, en función de la combinación variedad/patrón, tiene almacenadas las necesidades en macro y micronutrientes, así como su reparto a lo largo del año, distribuido en porcentaje del total mes a mes. Esta fórmula de abonado se modifica en función de parámetros como el diámetro de copa o tamaño de árbol (es absurdo utilizar para este fin la edad del árbol), cosecha, la salinidad del agua y su contenido en nutrientes, en particular de nitratos, potasio, calcio, magnesio, etc. También se tiene en cuenta la textura suelo y el análisis foliar, pero estos dos temas vamos a tratarlos un poco más detenidamente a continuación.

### Variaciones en función de la textura y de los análisis foliares

Somos de la opinión que en el riego por goteo el análisis de suelo sólo sirve el que se toma para la instalación del mismo. Luego a

la hora de abonar en los años siguientes ya no es necesario sacar más muestras de suelo puesto que su representatividad deja bastante que desear. El cómo se toma la muestra no está resuelto y en cualquier caso ésta no resulta representativa. Por otra parte no existen tablas interpretativas adecuadas para una porción de suelo el bulbo donde se aplican todos los nutrientes, con lo que en el mejor de los casos se triplica en dicho bulbo las dosis de fertilizantes del orden de tres o cuatro veces. Así que, si interpretamos los análisis con las tablas tradicionales, nos tienen que dar necesariamente valores altos que pueden inducirnos a error. Sin embargo, valores como la textura, en particular la arcilla, los carbonatos totales y el pH son parámetros difícilmente variables que pueden y deben de servir para corregir la fórmula de abonado.

Hay otro tipo de análisis como son los del extracto de saturación que convendrá utilizarlos con mucha precaución. No porque la analítica no sea buena, sino por la toma de la muestra. El bulbo es un ente dinámico por la propia forma de fertirrigar y pretender sacar una muestra representativa del mismo de forma estándar se nos antoja cuanto menos muy difícil por no decir imposible. Este sistema como otros puede utilizarse para investigación, pero no como rutina para una recomendación de abonado.

Cuando se sospechen problemas de salinidad, en particular de sodicidad, entonces sí se puede hacer una toma en el bulbo y es posible la interpretación de este parámetro ya que más importante que su valor absoluto es su valor relativo, o sea, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Su resultado nos puede indicar o no la necesidad de emplear mejorantes químicos que aporten calcio, con el fin de desodificar.

# El calcio es vida para tus huesos...

## Y para tus plantas\*



**Tropi-Cote™**  
**NITRATO DE CALCIO**  
**NITRABOR™**

### Para un mejor desarrollo

El nitrógeno nítrico 100% soluble de **TROPI-COTE** aumenta la absorción de calcio y otros cationes.

### Para crecer más fuerte

El calcio de **TROPI-COTE** favorece el desarrollo de las plantas y frutos, disminuyendo pérdidas posteriores a la recolección.

\* Abono de cobertera ideal para cereales, remolacha, patatas, hortalizas, tabaco, algodón, frutales,...



Hydro Agri Specialities  
Desarrollando Tu Potencial



En cuanto al análisis foliar como corrector del abonado, lo consideramos imprescindible. Realmente es la mejor forma de controlar la nutrición por no decir la única. Las tomas de muestras están correctamente estandarizadas así como los métodos analíticos. Lamentablemente no podemos decir lo mismo de las tablas interpretativas. Actualmente hay en uso tablas generales, por ejemplo cítricos, donde se pone en el mismo saco a naranjas, limones, clementinos, pomelos, etc. Y si bien hay alguna que los distingue no tiene en consideración el patrón. Basta decir que dentro de la naranjas no tiene nada que ver la Navelate con el resto, o bien si se trata de patrones como el Macrophylla que da lugar a niveles extremadamente altos con relación a los demás, y hay que ver la importancia que tiene en el caso del limón Fino.

Si nos referimos a frutales no se pueden meter los nectarinos conjuntamente con los melocotones, o bien no es lo mismo una variedad de manzana Golden que una Starking, etc. En fin, recordemos que la mayoría de las tablas están hechas en cultivos con riego tradicional y que al menos en el caso de los cítricos, los niveles foliares en huertos con riego por goteo son estadísticamente significativos más bajos y por tanto se deben interpretar con tablas establecidas con este sistema de cultivo.

Nuestro equipo consciente de la importancia del análisis foliar en la fertirrigación por goteo, hemos desarrollado en los últimos años más de 50 trabajos donde se ponen de manifiesto estas diferencias varietales y de patrones, realizando en estos momentos tablas específicas de interpretación foliar para las distintas combinaciones, y ampliando a nuevas formas como el DRIS, DOP CND, etc.

Como colofón final de este apartado hacer una recomendación, si no se tiene una tabla adecuada es preferible no realizar el análisis foliar, ya que corremos grave riesgo de obrar incorrectamente.

Otras aplicaciones agronómicas son la quimigación. En este apartado se tiene en cuenta los tratamientos con microelementos, en particular los quelatos de hierro, imprescindibles en nuestra zona, y en otras muchas, y la aplicación de pesticidas y herbicidas. Puede generarse cualquier tratamiento especial que se desee.

El informe final, junto con la dosis y los días de riego ya mencionados, nos indicará el abonado total y días de riego que hay que aportarles así como los fertilizantes elegidos, simples o complejos, sólidos o líquidos, además de los microelementos necesarios y los tratamientos especiales.

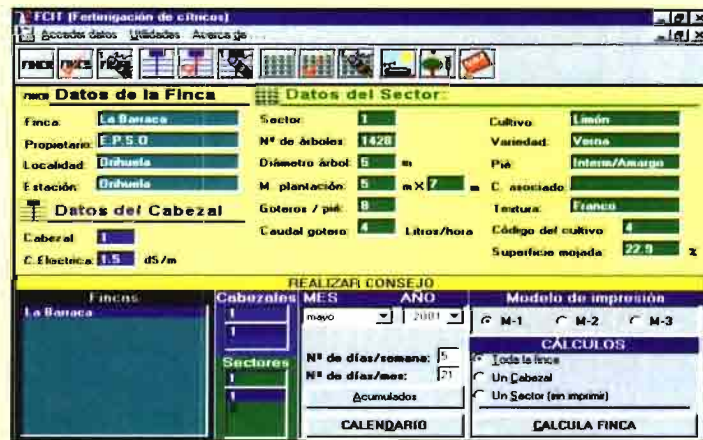
Si lo que se pretende es seguir un sistema de producción integrada (PI) el esquema de cálculo seguido es aplicable en todos los cultivos. Si existe limitación en agua o fertilizantes el programa permite adaptarse a las recomendaciones prescritas para cada tipo de producción o bien para cada comunidad, sin ningún tipo de problema.

## Aplicaciones informáticas

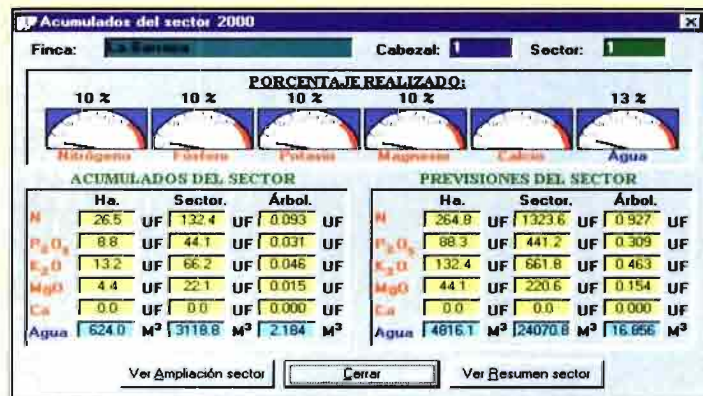
Los programas aparte de tener en cuenta todas las consideraciones agronómicas que influyen en la fertirrigación, tienen una clara vocación práctica. Por ello, todo cuanto se realiza puede quedar almacenado en una base de datos, asimismo se guardan todas las recomendaciones generadas de forma que pueda tenerse siempre accesible el historial de las fincas que se fertirrigan.

Los programas constan de una base de datos relacional y un módulo experto de cálculo. La información almacenada en la base de datos se puede dividir básicamente en cinco grupos: fincas, cultivos, estaciones agrometeorológicas, fertilizantes y tratamientos especiales. La gestión de los datos, alta, baja y modificación, se realiza mediante un sencillo interfaz de usuario.

Dentro del apartado de finca quedarán grabados todos los datos referentes a la misma, pudiéndose modificar fácilmente, por ejem-



Vista general de un programa de fertirrigación. Pantalla principal.



Pantalla de históricos de la fertirrigación de un sector.

plo, la conductividad del agua o bien el diámetro de copa. Las estaciones agrometeorológicas pueden ser ilimitadas de forma que estén siempre todas las que necesitamos de cualquier lugar del mundo. Lo mismo podemos decir de los fertilizantes, en ella están los que hay y los que pueden producirse en un futuro, con sus características de conductividad, solubilidad, compatibilidades, etc. Y en cuanto a los tratamientos especiales podemos configurarlos de tal forma que cada cultivo y variedad pueda tener cualquier recomendación que se crea oportuna.

Por último, hemos dejado el módulo de cultivos, en ella podemos establecer todo tipo de combinación variedad/patrón con todas sus peculiaridades, distribución mensual del abonado, fórmula de equilibrio en función de la producción, coeficientes de cultivo (Kc) con arreglo a los estados fenológicos, interpretación de los análisis foliares por variedades/patrón, salinidad máxima admisible, reducción por porcentaje de sombra o de superficie mojada, etc. Todo ello viene previamente establecido con unos valores de referencia, pero que en todos los casos el técnico cualificado puede variar siempre que lo crea oportuno.

Repetimos esto último porque es de sumo interés, todo viene con valores de referencia que nos dicta nuestra experiencia. Pero si el técnico lo cree oportuno puede modificar hasta el último parámetro de forma que puede particularizar todos y cada uno de los sectores, creando así lo que antes definíamos como un verdadero "traje a medida". Estos programas deben considerarse como una herramienta de la que un técnico pueda disponer para facilitarle la labor de realizar una recomendación por escrito de la fertirrigación de cualquier finca en nuestra península e incluso en Iberoamérica o cualquier otro lugar del mundo, ya que su poder de adaptación es total.

Para mayor información con temas relacionados con este artículo pueden dirigirse a las páginas de internet: <http://www.fertirrigacion.com> y <http://www.agroinformatica.com> o bien al correo: [miguel.gimenez@umh.es](mailto:miguel.gimenez@umh.es) o [marco.oltra@umh.es](mailto:marco.oltra@umh.es).