

Aportaciones para la mejora de la fertirrigación de nectarino

Resultados de los ensayos efectuados en Andalucía occidental

Actualmente muchos agricultores limitan la fertirrigación a restituciones de las exportaciones anuales del cultivo con varias aplicaciones, olvidando las diferencias en la asimilación de nutrientes en función del tipo de suelo, las necesidades en cada estado fenológico y el aporte de las pérdidas por lixiviación. En este artículo se muestra la forma de proceder en dos casos concretos objeto de estudio, teniendo en cuenta todas las variables que intervienen.

Enrique Eymar, Carlos Alexis González, Ignacio Martín y Carlos Cadahía.

Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias C-VII. Universidad Autónoma de Madrid.

España es el cuarto productor mundial de melocotones y nectarinas después de China, Italia y Estados Unidos, como se puede observar en el **cuadro I** extraído de la base de datos de la FAO para la agricultura (Faostat, 2004). Por otra parte, y aunque las superficies dedicadas en España a la fertirrigación de estos frutales de hueso no se pueden estimar con seguridad, es un hecho claro que la utilización de esta técnica para mejorar la fertilización es cada vez más generalizada y hay un creciente interés sobre cómo mejorar los aportes de agua y nutrientes mediante dicha técnica. Por ello, en este artículo se plantea la metodología ya descrita en otros artículos sobre fertirrigación publicados en *Vida Rural* por nuestro equipo de investigación (Cadahía *et al.*, 2002; Cadahía *et al.*, 2003; Casas *et al.*, 2003; Sentís *et al.*, 2004). En estos artículos destacábamos que la fertirrigación, entendida como la aplicación de fertilizantes en el agua de riego, no está siendo aprovechada en todas sus posibilidades. En el caso de la fertirrigación de frutales de hueso se sigue aún procediendo, en muchos casos, a la distribución de los kg/ha de los fertilizantes en varios riegos. Esta aportación, basada en la restitución de las exportaciones anuales, presenta además una serie de problemas, como que no se consideran las pérdidas de fertilizantes por lixiviación, que es necesario conocer si los elementos que se restituyen permanecen asimilables íntegramente en el suelo, y por último, que la nutrición a expensas del suelo varía en función del tiempo y de la fenología del árbol.

En lo que respecta a las extracciones por las hojas, se debe tener en cuenta que los niveles de nutrientes encontrados en la hoja dependerán entre otros factores de su posición en el árbol y del tiempo. Antes de la caída de las hojas una parte de los elementos que contienen migran hacia las partes perennes formando las reservas que se utilizarán en el ciclo siguiente.

CUADRO I. PAÍSES PRODUCTORES DE MELOCOTÓN Y NECTARINA

País productor	Superficie cultivada (ha)	Producción (Mt)	Rendimiento (hg/ha)
China	612.680	5.782.000	94.372
Italia	95.000	1.750.000	184.211
Estados Unidos	74.000	1.428.600	193.054
España	71.000	1.111.100	156.493



Entre los principales factores a tener en cuenta para la adecuada nutrición del nectarino destacan el suelo, la época del año, el vigor, la poda y la variedad.

Por lo tanto, esta distribución basada en exportaciones supone una pérdida de la eficiencia de los fertilizantes, ya que los nutrientes se aplican en momentos en los que la planta no los necesita o no se aprovechan adecuadamente las reservas. Por ello, y dependiendo del tipo de suelo, algunos de esos nutrientes permanecerán retenidos en los coloides del mismo y otros se lixivarán contribuyendo al aumento de contaminación de las aguas.

Por otro lado, se ha visto que existe una clara incidencia del equilibrio de nutrientes que alimenta al árbol en la calidad del fruto.

Para realizar un adecuado diagnóstico de nutrición para la fertirrigación del nectarino, es necesario conocer las necesidades nutricionales del árbol y poder tener herramientas que nos indiquen cuáles son los niveles de reserva de los que dispone el árbol. De forma simplificada, los factores a tener en cuenta son: el tipo de suelo, las diferencias estacionales en la concentración de nutrientes en el árbol, la carga del cultivo, el vigor del árbol, la poda, así como la variedad y portainjertos utilizados.

Entre los métodos que se utilizan comúnmente para realizar un diagnóstico nutritivo basado en el análisis vegetal se pueden encontrar:

- Análisis de la flor –utilizado como diagnóstico precoz de clorosis férrica– (Sanz *et al.*, 1996).
- Análisis del crecimiento y extensión del sistema radicular

FRUTALES DE HUESO dossier

—complicado de realizar en la práctica— (Franco y col., 1998).

• Análisis foliar —y sistemas de diagnóstico integrado basados en dichos análisis, es decir, DRIS, DOP, CND, etc.— (Lucena, 1996).

• Modelos combinados de análisis de suelo con análisis foliar (Failla y col., 1996).

• Modelos combinados de análisis de suelo, con análisis foliar y análisis de savia —que es el que plantea nuestro equipo de trabajo— (Cadahía y col., 1998).

La falta de información sobre la forma de realizar en la práctica una fertirrigación optimizada para los frutales de hueso, y en concreto para el nectarino, nos llevó a la elaboración de una serie de ensayos en Andalucía Occidental, en la comarca agrícola de Huelva.

Durante el primer año de ensayo, los objetivos se centraron en la creación de una normativa de fertirrigación mediante el seguimiento del suelo y de la planta. Se partió de una disolución nutritiva inicial para melocotonero obtenida en un estudio realizado en Francia (Soing y Mandrin, 1993), (**cuadro II**).

Esa disolución se fue adaptando al tipo de suelo, al momento fenológico, a la evapotranspiración, así como a los objetivos agropecuarios que nos habíamos marcado.

► Adaptación de la disolución nutritiva de partida

Adaptación según el suelo

En las **figuras 1 y 2** se representan los análisis y el diagnóstico inicial de dos de los suelos ensayados y en la **figura 3**, el agua de riego utilizada para elaborar las disoluciones fertilizantes para ambos suelos. El suelo GA tiene textura arenosa, bajo contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio y magnesio. El suelo GE es arcillolimoso, materia orgánica media-baja, muy bajo en P y K y valores medios de Ca y Mg. Teniendo estos análisis de caracterización de los suelos, se realizó un primer reajuste de las concentraciones de cationes con respecto a la disolución de partida. En concreto, viendo los valores de Ca y Mg del suelo GE, se optó por reducir inicialmente los niveles de Ca y Mg sugeridos en el cuadro II por los niveles encontrados en el **cuadro III** (DF con 1,80 y 1,70 meq/l de Ca y Mg respectivamente). En el laboratorio se hi-

CUADRO II. DISOLUCIONES NUTRITIVAS PARA LA FERTIRRIGACIÓN DEL MELOCOTONERO, SEGÚN SOING Y MANDRIN (1993)

Concentración mmol _c /l	
Nitratos (NO ₃ ⁻)	1,5
Fosfatos (H ₂ PO ₄ ⁻)	1,5
Amonio (NH ₄ ⁺)	2,5
Potasio (K ⁺)	3,0
Calcio (Ca ²⁺)	3,5
Magnesio (Mg ²⁺)	2,0

CUADRO III. DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES ENCONTRADOS EN LA DF Y LOS EXTRACTOS DE SATURACIÓN CON AGUA Y DISOLUCIÓN FERTILIZANTE DE PARTIDA

Muestra	pH	CE (dS/m)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	K (meq/l)	K/Ca+Mg
DF	5,21	0,98	1,80	1,70	3,0	0,86
GA+H ₂ O	7,23	0,37	1,74	0,38	0,29	0,14
GA+DF	6,53	1,03	5,16	2,03	2,50	0,35
GE+H ₂ O	7,76	0,66	2,41	0,64	0,06	0,02
GE+DF	6,79	1,68	7,98	2,46	1,08	0,10

FIGURA 1. Análisis del suelo GA

Analito (el)	Unidad (referencia)	Repte. gráfica	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Analito de caracterización							
Textura arenosa	arenosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CE (dS/m)	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Determinaciones	Método	Resultado					
pH	14 titración	7,23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materia orgánica (%)	extracción	0,37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (meq/l)	EDTA	1,74	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mg (meq/l)	EDTA	0,38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl (meq/l)	EDTA	0,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo (P) (meq/l)	Extr. 0,50	0,37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Potasio (K) (meq/l)	EDTA	0,29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobre (Cu) (meq/l)	Extr. 0,50	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manganoso (Mn) (meq/l)	EDTA	0,14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boro (B) (meq/l)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Diagnóstico, enmiendas y recomendaciones de abonado.

Suelo con textura muy suelta, contenido bajo en materia orgánica, carbonato cálcico, potasio, calcio y magnesio. El nivel de fósforo es bajo y no ofrece ningún peligro de salinidad por la baja CE de extracto de saturación. El pH es ligeramente alto, pero teniendo en cuenta que apenas tiene poder tampon, dicho pH se normalizará con la aplicación de la disolución fertilizante.

FIGURA 2. Análisis del suelo GE

Analito (el)	Unidad (referencia)	Repte. gráfica	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Analito de caracterización							
Textura arcillo-limosa	arcillo-limosa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CE (dS/m)	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Determinaciones	Método	Resultado					
pH	14 titración	7,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Materia orgánica (%)	extracción	0,66	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (meq/l)	EDTA	2,41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mg (meq/l)	EDTA	0,64	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl (meq/l)	EDTA	0,06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fósforo (P) (meq/l)	Extr. 0,50	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Potasio (K) (meq/l)	EDTA	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobre (Cu) (meq/l)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manganoso (Mn) (meq/l)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boro (B) (meq/l)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Diagnóstico, enmiendas y recomendaciones de abonado

Suelo con textura muy fuerte, ligeramente calizo, sin salinidad, materia orgánica media-baja, muy bajo en P y K y valores medios de calcio y magnesio. Habrá que dosificar bien el P y K en la fertirrigación, ya que no hay reservas en el suelo y, además, se puede producir una fijación parcial de ambos nutrientes por los coloides del suelo.

FIGURA 3. Análisis de calidad del agua

Analito (el)	Condiciones (el)	Repte. gráfica	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Analito de caracterización							
CE (dS/m)	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Determinaciones	Resultado						
pH	14 titración	6,53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CE (dS/m)	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (meq/l)	EDTA	5,16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mg (meq/l)	EDTA	2,03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl (meq/l)	EDTA	2,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aniones							
Cloruro (Cl ⁻)	EDTA	0,06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	EDTA	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total		6,53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Diagnóstico y recomendaciones

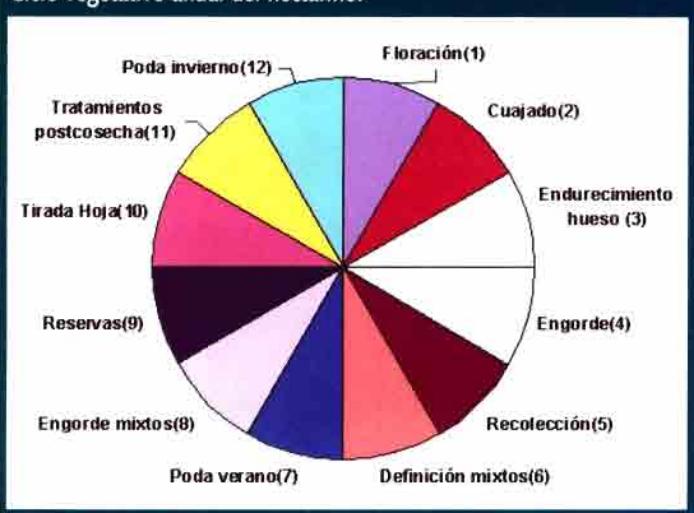
Agua de muy buena calidad, su CE, concentraciones de cationes y aniones, dureza y CSR la hace aplicable a cualquier tipo de suelo y cultivo. No aporta boro a la solución fertilizante.

cieron extractos saturados de los suelos saturando con agua desionizada y con la disolución fertilizante de partida (**cuadro III**).

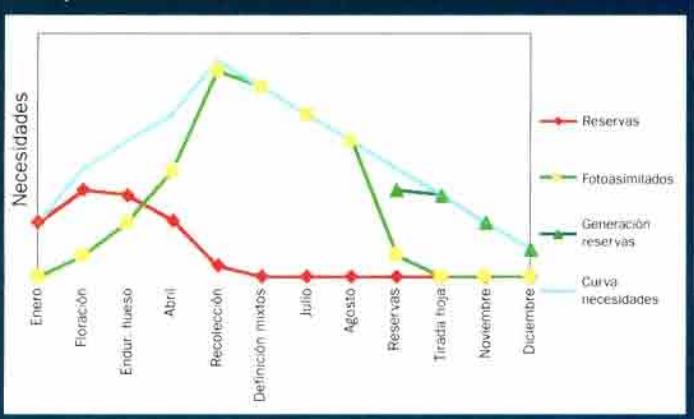
Se puede comprobar el efecto que tiene la disolución fertilizante (DF) sobre el suelo, especialmente a la hora de solubilizar calcio (Ca) y magnesio (Mg), tanto en el suelo arenoso como en el arcillolimoso. Se observa que el suelo arcillolimoso (GE) fija el po-

FIGURA 4.

Ciclo vegetativo anual del nectarino.

**FIGURA 5.**

Curva cualitativa de necesidades nutritivas en combinación con los momentos más representativos del ciclo en los meses correspondientes (hemisferio norte).



tasio (K) en mayor medida que el arenoso (GA). Este hecho es importante para conseguir relaciones catiônicas adecuadas en la disolución del suelo. Se puede observar que la relación $K/(Ca+Mg)$ de la DF es 0,86 y la obtenida en el suelo arenoso es 0,35, mientras que en el suelo arcillolimoso es únicamente 0,10. Si realizamos el extracto de saturación con agua desionizada, llegamos a relaciones $K/(Ca+Mg)$ aún menores. Este último sistema suele ser lo que se hace habitualmente en los laboratorios de suelos para hacer el seguimiento de las propiedades químicas del suelo en fertirrigación. Nuestro equipo de trabajo sugiere la realización de extractos de saturación del suelo saturando con la misma disolución con la que se está fertirrigando (Eymar y col., 2001), ya que esto dará un mayor conocimiento de lo que está pasando realmente en la disolución del suelo y su potencial nutritivo real. Este sistema permitirá también mejorar el manejo del aporte de cationes en determinados momentos en los que es especialmente importante una adecuada relación del Ca con los demás cationes, como es el momento del endurecimiento del hueso.

Adaptación según el momento fenológico

Para realizar la adaptación en función del momento fenológico, es necesario conocer el ciclo vegetativo del nectarino (figura 4). Se puede dividir en dos períodos diferenciados:

- Obtención de la cosecha (floración hasta recolección; períodos 1-5 del figura 4).

- Preparación de la cosecha (después de recolección hasta floración del ciclo siguiente; períodos 6-12 de la figura 4).

Cada uno de estos períodos precisa de unos requerimientos nutricionales específicos, así que se podrían diseñar distintas disoluciones fertilizantes para cada uno de ellos. Así, desde el punto de vista teórico, podemos diferenciar a priori tres tipos de disoluciones:

- a. Desde la floración a la fase de endurecimiento de hueso: disolución vegetativa.

- b. Desde el endurecimiento del hueso a la recolección: disolución de engorde.

- c. Desde la recolección a la caída de la hoja: disolución de reservas.

La disolución vegetativa de partida utilizada para el suelo GA fue la que aparece en el cuadro II más microelementos (en mg/l: Fe: 3; Mn: 1,5; Cu: 0,1; Zn: 0,5; B: 0,6; Mo: 0,1). Para el suelo GE se utilizó la misma disolución exceptuando el aporte de Mg que no se realizó pensando en los niveles medio-altos de este nutriente obtenidos en el suelo. Durante el endurecimiento de hueso se disminuyó ligeramente la concentración de N.

En la disolución de engorde se diluyeron todos los nutrientes de la disolución por el aumento de la ETc, de forma que no se sobrepasó una conductividad eléctrica de $1,5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$.

Después de la recolección se aportaron menores concentraciones de N, K y H_2O y posteriormente se volvieron a elevar para favorecer el engorde de mixtos y la formación de las reservas. En la figura 5 se representan de forma cualitativa las curvas de necesidades nutricionales de los frutales. Se puede observar que



Para el seguimiento de la nutrición del nectarino se realizan análisis de ramos mixtos y brotes.

en la etapa de obtención de la cosecha las necesidades nutritivas se aportan en un gran porcentaje con las reservas del propio árbol (momentos de floración y brotación). Después de la brotación las necesidades nutritivas del árbol aumentan y es uno de los momentos en los que se deberá actuar para generar biomasa de forma rápida que sintetice lo que en la gráfica se denominan fotoasimilados. Esto se debe llevar a cabo hasta el momento de endurecimiento del hueso. En este período se bajará la concentración de N y se tendrán en cuenta también las relaciones catiónicas, ya que el Ca tiene en este endurecimiento un papel esencial y se deben mantener los equilibrios K/Ca, Ca/Mg y K/Mg en niveles adecuados.

La disolución de engorde consistirá en una dilución de las concentraciones de la disolución vegetativa junto con una reducción de la concentración de N para evitar un crecimiento vegetativo excesivo.

Finalmente, tras la recolección, se procederá a iniciar la etapa de preparación de la cosecha del ciclo siguiente, ya que hay que regenerar las reservas del árbol y formar adecuadamente los ramos mixtos, que son los que van a sustentar los frutos en la campaña siguiente. Por ello, y antes de cortar el riego en los meses de noviembre y diciembre, se debe proceder a la fertirrigación con la disolución fertilizante para la generación de reservas.

► Adaptación de la disolución según las reservas nutritivas del árbol

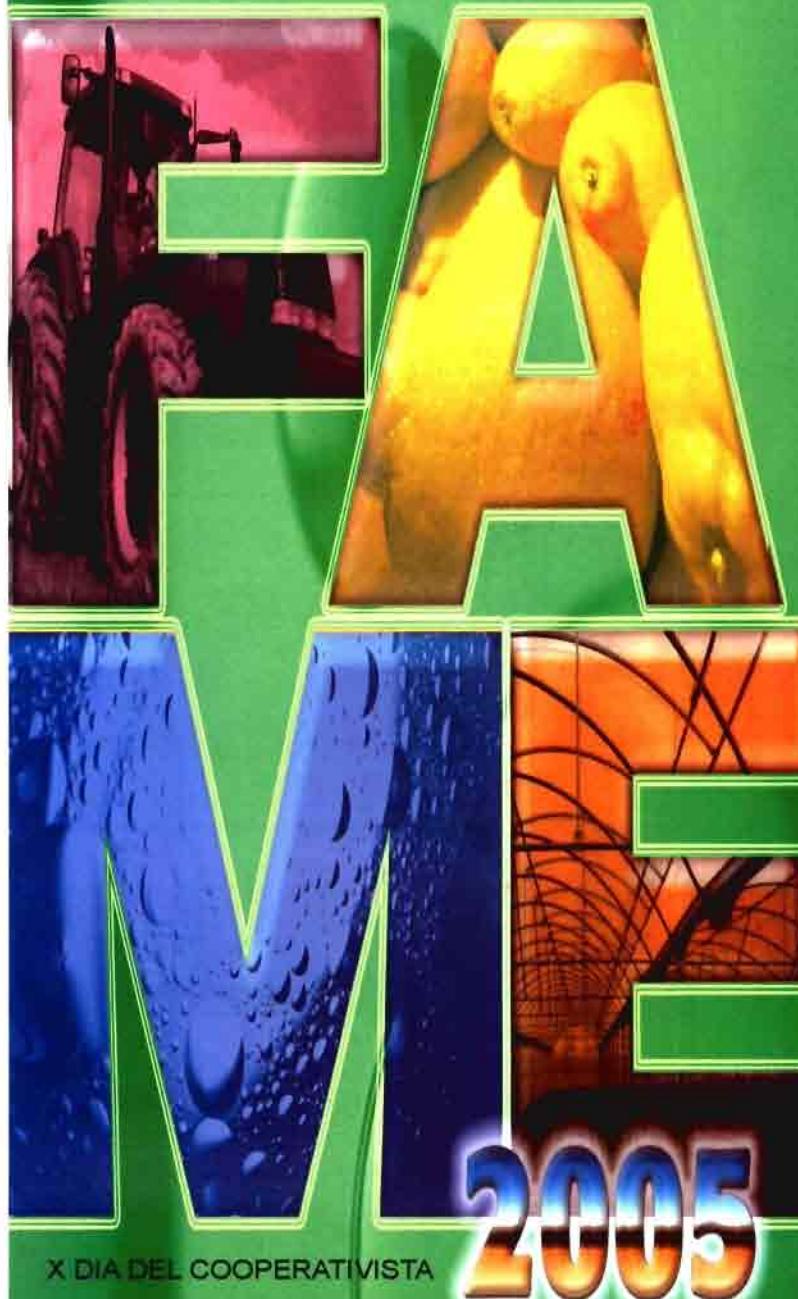
Como se ha visto en la **figura 5**, las reservas son la fuente nutricional más importante en el momento de la salida del letargo invernal. Aunque la importancia de éstas se va perdiendo a medida que se van generando los fotoasimilados después de la brotación, hay que conocer ese estado de las reservas del frutal para incrementar o reducir las concentraciones de la disolución vegetativa. Por ello, se hace necesario evaluar los niveles de reserva del árbol mediante algún procedimiento.

Por un lado, en la metodología que pusimos a punto para evaluar las reservas de carbono, consideramos los carbohidratos (almidón en hoja). La absorción de N por los frutales no se inicia hasta que no ha comenzado la brotación de primavera. Hasta entonces, por tanto, el árbol utiliza el N acumulado en sus reservas. La importancia del N de reserva en el crecimiento vegetativo se ha demostrado en manzanos, melocotoneros y perales (Agustí, 2004). Por tanto, su adición en etapas avanzadas del ciclo vegetativo se presenta como una técnica adecuada para aumentar estas reservas de cara a la brotación de la primavera siguiente. El análisis de aminoácidos y de N en savia se puso a punto para evaluar los niveles de reserva de N. Por último, las raíces son una fuente de reservas para la parte aérea de la planta cuando ésta inicia un nuevo ciclo vegetativo, aunque se convierten en sumidero de fotoasimilados a medida que avanza éste. No obstante, desde el punto de vista práctico, conocer las reservas de la raíz resulta complicado, por lo que en nuestra metodología de seguimiento de fertirrigación del nectarino no las tuvimos en cuenta.

► Análisis de planta en nectarino

Una vez adaptada la disolución nutritiva en función del tipo de suelo y del momento fenológico, teniendo en cuenta la evapotranspiración y el nivel de reservas del árbol, es necesario realizar un seguimiento de la planta para comprobar que los niveles de nu-

XII FERIA AGRÍCOLA DEL MEDITERRÁNEO



X DÍA DEL COOPERATIVISTA

TORRE PACHECO

Salón del agua y maquinaria agrícola

**12-15
MAYO**

 **IFEPA**
RECINTO FERIAL Apartado de Correos, 27
Tel: 968 87 88 88 30700 TORRE-PACHECO
Fax: 968 87 89 18 Murcia - España

CUADRO IV. NIVELES DE REFERENCIA FOLIARES PARA HOJAS DE NECTARINO (FASE DE CUAJADO) (G/100 G DE MATERIA SECA)

Elemento	Intervalo referencia (%)	Finca GA	Finca GE
NITRÓGENO (N)	1,80-3,50	3,75-3,98	3,18-3,27
FÓSFORO (P)	0,13-0,25	0,29-0,34	0,34-0,39
POTASIO (K)	1,75-3,00	2,02-2,09	2,42-2,75
CALCIÓ (Ca)	1,50-2,70	1,15-1,52	0,85-1,26
MAGNESIO (Mg)	0,30-0,80	0,34-0,37	0,29-0,43

trientes son adecuados. Los niveles de referencia foliar (Mills y Jones, 1996) y los valores obtenidos en los análisis realizados en las dos fincas estudiadas aparecen en el **cuadro IV**. Se observa que no existe ningún macronutriente de los estudiados que presente niveles muy lejanos a los intervalos de referencia. Progre-

FIGURA 6.

Valores obtenidos en el análisis de almidón foliar de nectarinos cultivados en los suelos GA y GE

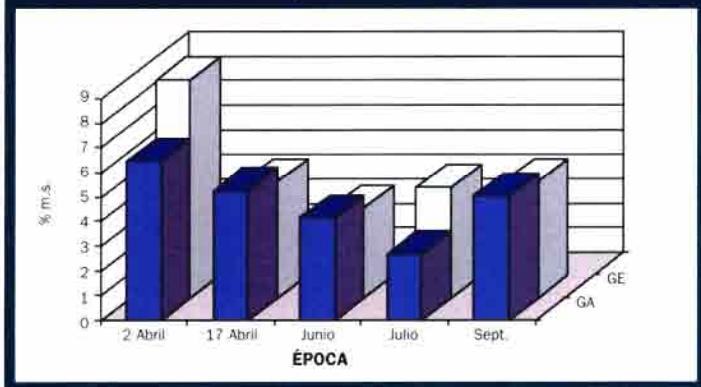


FIGURA 7.

Evolución de los niveles de azúcares en mixtos (a) y en brotes (b) a lo largo del ciclo.

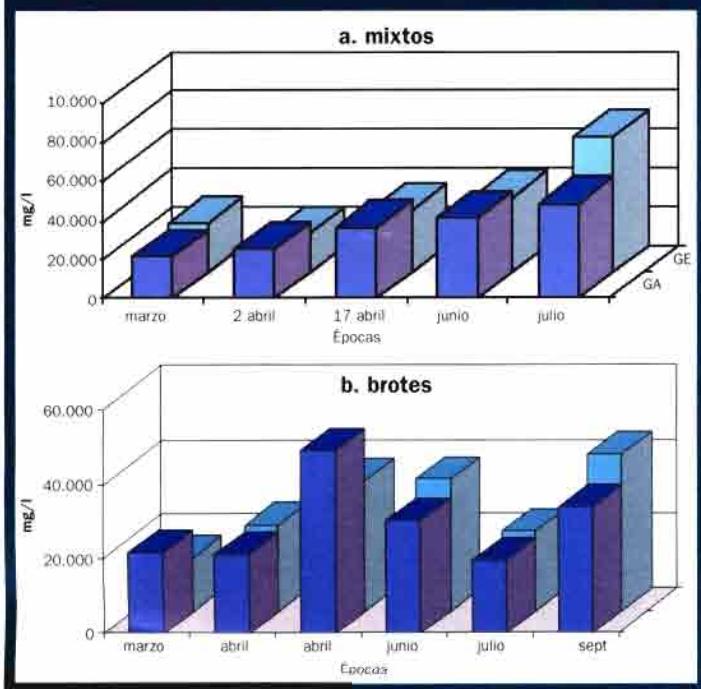
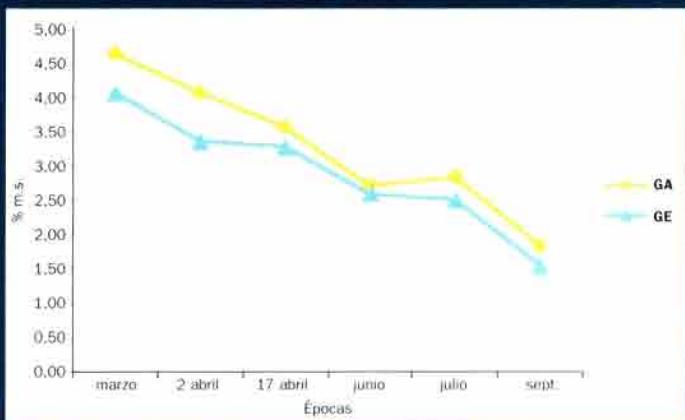


FIGURA 8.

Evolución del N foliar durante el ciclo.



sivamente, para años posteriores estas referencias se tendrán que ir ajustando a la realidad de la comarca, teniendo en cuenta los datos foliares y sus correlaciones con los parámetros de producción y calidad de la cosecha.

En el seguimiento de la nutrición del nectarino mediante el análisis del tejido vegetal se deben tener en cuenta dos tipos de muestras diferentes. El análisis de lo que se denomina el ramo mixto (en las axilas se sitúan tres yemas, dos de flor y una central de madera, que dan lugar a flores y brotes vegetativos) y los brotes, que se convertirán en los ramos mixtos del ciclo siguiente. Desde este punto de vista, en los primeros años de estudio se diferenciaron los análisis de mixtos y brotes. La evolución del almidón foliar se visualiza en la **figura 6**, mientras que en la **figura 7** se muestra la evolución de los azúcares en los mixtos y en los brotes. Se observa cómo éstos van incrementando la concentración desde el momento de la recolección como consecuencia de la generación progresiva de las reservas. En la **figura 8** se observa cómo van disminuyendo las concentraciones de N en las hojas, hecho ya constatado por otros autores.

En definitiva, y tras la aplicación durante el primer año de estas disoluciones fertilizantes mediante fertirrigación, se obtuvo en la campaña siguiente una producción estimada de 26.232 kg/ha en una de las variedades. En posteriores trabajos iremos suministrando más información sobre la metodología de diagnóstico fundamentada en modelos basados en los análisis de suelo, foliar y savia para la fertirrigación del nectarino. ■

Bibliografía

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 493 p.
- Cadahía, C. (coordinador) (1998). Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- Cadahía, C.; Eymar, E. Martín, I. (2002). Ventajas agronómicas, económicas y ecológicas de la fertirrigación. *Vida Rural* 143(2): 31-34.
- Cadahía, C.; López, LA; Yáñez, F; Cortés, P; Eymar, E; Frutos, I; Martín, I. (2003). La fertirrigación en el cultivo de la vid en Castilla-La Mancha. *Vida Rural* 173(12): 34-37.
- Casas, J.; Martín, I.; Eymar, E. Cadahía, C. (2003). Optimización de la fertirrigación en el cultivo de la vid. *Vida Rural* 166(5): 30-34.
- Eymar, E.; Oki, LR; Lieth, JH. (2001). Continuous measurements of electrical conductivity in growing media using a modified suction probe: initial calibration and potential usefulness. *Plant and Soil*, 230: 67-75.

Existe una bibliografía más amplia en nuestra redacción a disposición de los lectores.