

Evaluación química y agronómica de quelatos de hierro sintéticos

Capacidad del quelato para aportar hierro a la planta en función del suelo, época y frecuencia del tratamiento

La aplicación de quelatos férricos sintéticos al suelo ha sido el método más utilizado para controlar la clorosis férrica en árboles frutales, a pesar del elevado precio de estos fertilizantes. El principal motivo del uso preferente de estos fertilizantes férricos es que los árboles frutales son cultivos de alto valor añadido. Las dosis de utilización varían en el intervalo de 5 a 100 gramos por árbol, lo que supone un coste de unos 30 a 400 euros por hectárea (Rombolà y Tagliavini, 2006).

A. Álvarez-Fernández,
J. Abadía, A. Abadía.

Departamento de Nutrición Vegetal,
Estación Experimental de Aula Dei,
Consejo Superior de
Investigaciones Científicas (CSIC)
Zaragoza.



Los quelatos de hierro son compuestos organo-metálicos que en algunos casos vienen siendo utilizados como fertilizantes desde hace más de cinco décadas. Un quelato de hierro se forma por la unión entre el hierro y un anión orgánico, llamado ligando o agente quelante. La estructura resultante adquiere una configuración en forma de anillo, donde el hierro está englobado en el interior de la molécula (figura 1). Los agentes quelantes más utilizados en agricultura

son de origen sintético, y son conocidos por siglas que se refieren al nombre de la molécula, por ejemplo el tan conocido ácido eti-

lendiamino-di (*o*-hidroxifenilacético) (*o*,*o*EDDHA). Estos compuestos tienen una gran solubilidad en agua, lo que les hace muy útiles para suministrar hierro a las plantas que se desarrollan en sistemas sin suelo o sobre sustratos inertes. Además, los quelatos de hierro sintéticos han demostrado ser muy eficaces corrigiendo la clorosis férrica.

La clorosis férrica es un desorden fisiológico de las plantas muy extendido, que limita la productividad de muchas áreas agrícolas en el mundo. El síntoma visual de la clorosis férrica en las plantas es un amarilleamiento de las zonas internodales de las hojas apicales (foto 1), seguida de necrosis foliar en los casos más graves. Además, esta carencia nutricional reduce el número de frutos y la calidad de los mismos, sobre todo en lo que se refiere a tamaño, coloración y estado de maduración (Álvarez-Fernández *et al.*, 2006a). Por consiguiente, la clorosis férrica se convierte en un grave problema agronómico y económico en los cultivos frutícolas (Rombolà y Tagliavini, 2006). La clorosis férrica es generalmente el resultado de una combinación entre una limitada bio-disponibilidad de hierro en el suelo y el uso de genotipos vegetales susceptibles, caracterizados por la escasa actividad de uno o varios de los mecanismos de respuesta de las plantas ante la escasez de hierro. Aunque los suelos poseen en general una elevada cantidad de hierro, este nutriente se presenta mayoritariamente en forma de compuestos (óxidos o hidróxidos) de muy baja



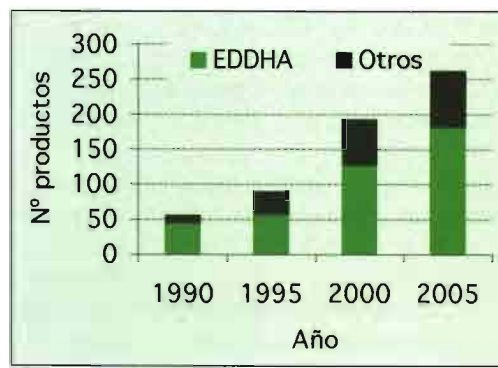
solubilidad. Este hecho se agudiza en el intervalo de pH de 7,5 a 8,5, típico de suelos calizos. La eficacia que los quelatos férricos sintéticos han mostrado en el control de la clorosis férrica en condiciones de suelo muy diferentes, desde suelos arenosos a suelos calizos, se basa en que su aplicación produce un aumento del hierro disponible para la absorción de las raíces, es decir, de la concentración de hierro en la solución del suelo.

Quelatos de hierro comerciales

Los fertilizantes a base de quelatos de hierro sintéticos que se pueden encontrar en el mercado español constituyen un grupo muy numeroso, que ha aumentado paulatinamente y de forma muy importante durante los últimos veinte años (figura 2). Por

ejemplo, en el año 2005 el mercado ofrecía cinco veces más productos de este tipo que en el año 1990 (Álvarez-Fernández *et al.*, 2006b). Este incremento es consecuencia, sobre todo, de un aumento de productos basados en un quelato en particular, el Fe-EDDHA. Estudios realizados desde el año 1995 hasta ahora han suministrado información muy significativa sobre la calidad de las formulaciones comerciales de quelatos de hierro. Así, en 1996 se desarrolló un método analítico que permitía determinar la cantidad de hierro

FIGURA 2.
EVOLUCIÓN DURANTE LOS ÚLTIMOS VEINTE AÑOS DEL MERCADO ESPAÑOL DE FERTILIZANTES CONTENIENDO QUELATOS DE HIERRO SINTÉTICOS. (Datos tomados de Álvarez-Fernández *et al.* 2006b)



unido a la molécula de agente quelante (Lucena *et al.*, 1996). La aplicación de este método al análisis de un gran número de for-

mulaciones comercializadas en España entre 1998 y 1999 y que declaraban EDDHA como agente quelante en la etiqueta, mostró que todos los productos presentaban contenidos de Fe-EDDHA inferiores al contenido requerido por la directiva europea en vigor (Hernández-Apaolaza *et al.*, 1997; Álvarez-Fernández, 2000). La falta de calidad de los productos se atribuyó a la presencia de otros compuestos en la formulación comercial, que se producían durante la síntesis de la parte orgánica de la molécula (del agente quelante). En los años siguientes se identificaron las estructuras de algunos de estos compuestos, que resultaron ser en muchos casos moléculas muy parecidas en su estructura a los componentes activos de las formulaciones (Cremonini *et al.*, 2001; Álvarez-Fernández *et al.*, 2002; García-Marco *et al.*, 2005).

BotaniGard SC

INSECTICIDA BIOLÓGICO

Inscrito en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación con el N° 22.648.



tu otro insecticida

Bioinsecticida de última generación para el control de mosca blanca, trips, pulgones y otras plagas en cultivos de campo, invernaderos, viveros y ornamentales.



Recientemente, la normativa europea sobre fertilizantes ha sido modificada, así que hoy, para respetar la normativa, un fertilizante a base de quelato de hierro debe contener un mínimo del 5% de hierro soluble en agua, del cual la fracción de hierro quelado debe ser de al menos un 80% (DOUE 2003). Además, debe detallarse en la etiqueta el contenido de hierro quelado por cualquiera de los agentes quelantes que estén presentes en la formulación en una concentración superior al 2%, así como el intervalo de pH que garantiza una buena estabilidad de la fracción de hierro quelada (DOUE 2003). Por último, esta normativa permite el uso de hasta doce moléculas como agentes quelantes (DOUE 2003 y 2004; **figura 3**). Todas estas moléculas son de origen sintético y derivadas de ácidos poliaminocarboxílicos. Seis de las mismas (**figura 3A**) ya estaban permitidas por la normativa anterior (DOCE 1976), mientras que las otras seis (**figura 3B**) son de estructura muy similar a algunas de las anteriores. Así, la molécula *o,p*EDDHA es similar al *o,o*EDD-

HA, a excepción de la posición de uno de los grupos hidroxilo unidos al anillo de benceno. Igualmente, hay una similitud muy alta entre la molécula *o,p*EDDHMA y las moléculas recientemente autorizadas *o,o*EDDHMA y *p,o*EDDHMA y entre la molécula EDDCHA5,2 y las nuevas moléculas EDDCHA2,4 y EDDCHA2,5. El EDDHSA es similar al *o,o*EDDHA, a excepción de la presencia de dos grupos sulfónicos unidos al anillo de benceno. En el caso de este último compuesto, la legislación actual también admite como quelantes sus productos de condensación.

Muchos de los estudios realizados en los últimos años sobre quelatos han estado centrados en ampliar el conocimiento sobre su eficacia como quelantes, así como su utilidad como fertilizantes férricos, comparando algunas de las nuevas moléculas (*o,p*EDDHA y EDDHSA) admitidas por el actual Reglamento con las moléculas admitidas por el Reglamento anterior y que ya habían sido más estudiadas (EDTA, DTPA, HEDTA, *o,o*EDDHA y *o,p*EDDHMA).

La eficacia de un quelato de hierro como fertilizante depende de la calidad de la formulación, de su estabilidad, de la persistencia del hierro quelado en la solución del suelo y de la capacidad del quelato para aportar hierro a la planta en las condiciones de cultivo. Los tres primeros factores se pueden estudiar desde un punto de vista químico, mientras que para estudiar el último se precisa de una evaluación agronómica. En los próximos párrafos se describirán brevemente los últimos estudios realizados con respecto a la evaluación tanto desde el punto de vista químico como agronómico de estas moléculas.

Evaluación química

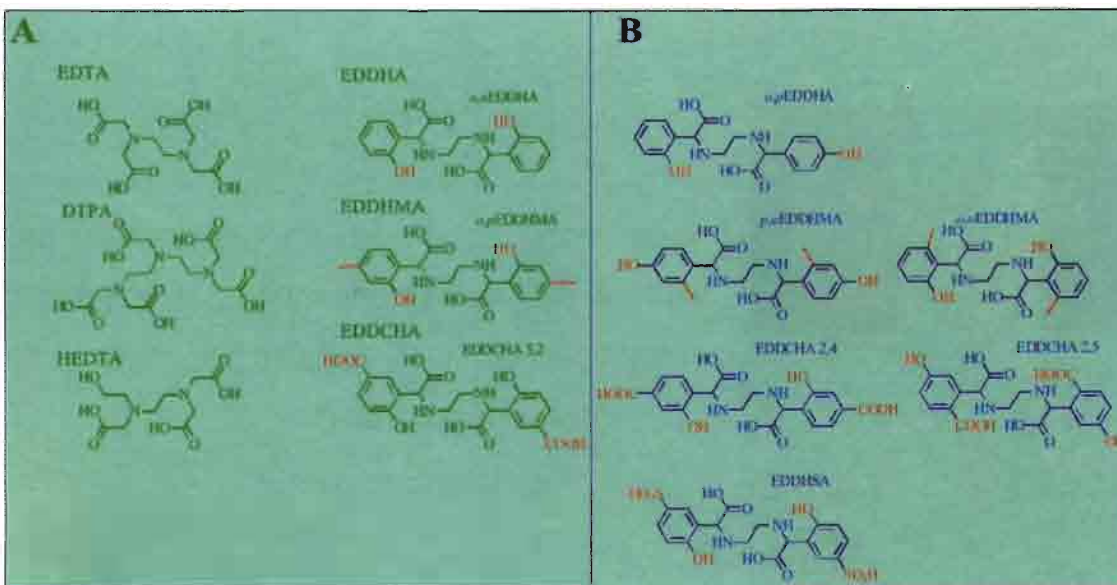
Métodos de análisis de la calidad de las formulaciones comerciales

Uno de los aspectos más estudiados en los últimos años ha sido el desarrollo de métodos de análisis que permitan evaluar la calidad de las formulaciones comerciales, más concretamente métodos que permitan determi-

nar el hierro unido a la molécula de agente quelante declarada en el etiquetado del producto. Según el Reglamento de la Unión Europea (DOUE, 2003) los agentes quelantes deben ser identificados y cuantificados con los métodos de análisis descritos en las normas CEN EN 13368-1 (2001a) para el caso de los compuestos a base de EDTA, DTPA e HEDTA y en la CEN EN 13368-2 (2001b) específico para las moléculas Fe-EDDHA y Fe-EDDHMA. Para validar el método de análisis de los compuestos a base de Fe-EDDHA y Fe-EDDHMA propuesto por la norma la CEN EN 13368-2 (2001b) se ha hecho un estudio (García-Marco *et al.*, 2003) que consistió en pruebas inter-laboratorios en las que se comparaba dicho método con el desarrollado por Lucena *et al.* (1996), que había sido publicado en una revista científica especializada en métodos de análisis y con el cual se habían hecho previamente estudios de la calidad de formulados comerciales presentes en el mercado español (Hernández-Apaola *et al.* 1996; Álvarez-Fernández *et al.* 2000). Ambos métodos dieron resultados similares cuando se aplicaron a compuestos a base Fe-EDDHA. Sin embargo, cuando estos métodos se aplicaron a formulaciones a base de Fe-EDDHMA, el contenido de componente activo determinado por el método de Lucena *et al.* (1996) siempre era inferior al determinado por el método propuesto inicialmente por la Unión Europea (García-Marco *et al.*, 2003). El motivo de tal diferencia es que mientras que el método de Lucena *et al.* (1996) puede distinguir entre la molécula Fe-*o,p*EDDHMA y otras moléculas similares como el Fe-*p,o*EDDHMA o el Fe-*o,o*EDDHMA así como entre otros isómeros de estas moléculas, el método descrito inicialmente en la norma CEN EN 13368-2 (2001b) no permite el análisis individualizado de dichos compuestos. Considerando estos resultados, la Unión Europea ha adoptado finalmente el método descrito por Lucena *et al.*

FIGURA 3.

ESTRUCTURAS DE LAS MOLÉCULAS ADMITIDAS COMO AGENTES QUELANTES POR EL REGLAMENTO DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE FERTILIZANTES (DOUE, 2003 Y 2004). A: MOLÉCULAS PERMITIDAS POR EL REGLAMENTO ANTERIOR (DOCE, 1976); B: MOLÉCULAS AÑADIDAS A LA LISTA DE AGENTES QUELANTES EN EL REGLAMENTO ACTUAL (DOUE, 2003 Y 2004)





La formación para la sostenibilidad en el empleo de fitosanitarios

Nuevas tecnologías aplicadas a los tratamientos en frutales

Inspección técnica de equipos para la aplicación de fitosanitarios

Un análisis del mercado fitosanitario en el nuevo contexto agrícola

La tendencia del mercado fitosanitario en Europa frente a España parece haberse invertido. Mientras Europa se recupera de años con fuertes descensos en el consumo de este tipo de productos, España empieza a notar los efectos del nuevo contexto agrícola, potenciado en el pasado 2005 por las condiciones climáticas, acontecidas en el agro español. Así, las ventas según los datos registrados por las empresas miembro de AEPLA, que acoge al 77% del total del mercado fitosanitario español, delatan una disminución del 13,7% frente a 2004, aunque existen iniciativas y acciones que pueden contribuir a cambiar esta negativa tendencia, no sólo para el sector, sino para la agricultura en general.

Ángela López Berrocal. Directora de Comunicación. AEPLA.

Durante los últimos años el mercado español de productos fitosanitarios, siendo el cuarto de Europa, se ha mantenido con una cierta estabilidad aunque sin un crecimiento real, mientras el mercado europeo sufría descensos importantes debido a una combinación de elementos estrechamente relacionados con los efectos de la Política Agraria Común y, en algunos casos, con los fenómenos climáticos que afectaron a grandes zonas de Europa.



protegidos, ocasionando cuantiosos daños. Según avanzó, se confirmó el impacto de un nuevo período de sequía, que redujo las superficies de siembra y plantación y limitó significativamente el empleo de insumos. Por otra parte, la implantación de unas reformas en el marco de la PAC, poco favorables a los productores, el aumento de los costes de producción debido a las subidas de precios de algunos insumos, tales como carburantes y energía, y unos bajos precios de muchos de los productos agrícolas han contribuido a la mayor caída en ventas de los últimos años.

► Cifras de mercado por grupos de productos

Las ventas informadas por nuestros miembros durante el año 2005 (541.861,79 M€) disminuyeron un -13,75% en comparación con el año anterior, debido a descensos de -86.399 M€ en todos los grupos o familias de productos.

Los herbicidas disminuyeron un -13,7% y representaron el -34,2% de los descensos totales. Los fungicidas lo hicieron en un -21,2% y representaron el 39,4% de los descensos totales, y los insecticidas en un -12,9 %, representando el 21,7% de los descensos totales. Los fitorreguladores disminuyeron un -3,3%, representando este descenso un 2,0% de los descensos totales.

Según regiones, las ventas aumentaron (484 M€) en Baleares y País Vasco y disminuyeron (-86.874 M€) en el resto, siendo Andalucía Occidental (-33,5%), Andalucía Oriental (-17,8%), Comunidad Valenciana (-11,4%), Cataluña (-9,0%) y Comunidad de

Ahora la tendencia se ha invertido y, mientras Europa se recupera, nos llegan los efectos del nuevo contexto agrícola que, sin duda, cualquier vicisitud climática potencia o exagera. Así, al ligero descenso del mercado de 2004 ha seguido una clara e importante contracción en 2005.

Esta situación está fuertemente vinculada a las decisiones relacionadas con las políticas agrarias de la UE y nacional y a una creciente demanda de la sociedad por unas prácticas agrarias sostenibles, con una fuerte implantación de los sistemas productivos integrados, basados en la certificación de la calidad que promueve un uso más racional de los productos fitosanitarios. A esta tendencia se une el hecho inequívoco de un entorno reglamentario cada vez más exigente y restrictivo, que ha eliminado muchas soluciones fitosanitarias del mercado a la vez que su complejidad y nivel de exigencia dificulta enormemente el acceso de nuevos productos al mismo. Mientras, florece un mercado de productos ilegales que pone en tela de juicio este sistema tan complicado y exigente que se ha creado y que pone en riesgo nuestra agricultura.

El año 2005 ha sido, como todos sabemos, un año muy difícil para la agricultura y para el sector. A las grandes causas estructurales anteriormente mencionadas hay que añadir otras coyunturales como las agroclimáticas. El año se inició con una ola de frío que afectó hasta las zonas más templadas de cultivos



FITOSANITARIOS dossier

Murcia (-6,5%) las regiones que en mayor porcentaje contribuyeron al descenso de ventas.

Los herbicidas disminuyeron en trece de las dieciocho regiones analizadas. Las mayores contribuciones al descenso se centraron en ambas Andalucías, Castilla y León, Aragón, Comunidad Valenciana y Cataluña.

Los insecticidas sufrieron un descenso neto del -12,94% (-18.738 M€), disminuyendo en catorce comunidades (-20.021 M€) y aumentando (+1.302 M€) en cuatro. El descenso se centró en Andalucía, Comunidad de Murcia y Comunidad Valenciana. El análisis por grupos de productos pone de relieve descensos generalizados excepto en aceites minerales y mezclas (5,57%), hasta llegar a los 2.473 M€.

Las ventas de fungicidas experimentaron un descenso del -21,2% (-34.039 M€), fruto de descensos generalizados en todas las regiones y/o comunidades analizadas. La región que mayor contribución realizó al descenso de ventas fue Andalucía Occidental (-51,5%), seguida de Andalucía Oriental (-7,9%), Castilla-La Mancha (-8,7%), Comunidad de Murcia (-5,8%), Cataluña (-5,8%), Comunidad Valenciana (-4,9%).

Los acaricidas disminuyeron un 7,8% con relación a similar período del año pasado. Por grupos de productos, descendieron acaricidas comunes (-3,9%) y otros acaricidas (-12,23%), mientras que aumentaron las sales de estaño (23,85%).

Los nematicidas aumentaron sus ventas un 11%, resultado de aumentos (3.084 M€) en doce comunidades y de descensos (-474 M€) en otras seis. Canarias y Andalucía fueron las regiones que en mayor porcentaje contribuyeron al aumento.

El grupo de fitorreguladores disminuyó un -3,31% hasta 50.625,44 M€, destacando el aumento (7,5%) de abonos y similares hasta los 21.323 M€, mientras que los correctores y los fitorreguladores disminuyeron un -11,9% y un -5,5%.

Molusquicidas y rodenticidas disminuyeron sus ventas en un -29,9% hasta los 6.348 M€, fruto de descensos tanto en rodenticidas (-24,54%) como en molusquicidas (-40,7%) y en atrayentes y repelentes (-25,2%).

En el capítulo catalogado como "varios" disminuyeron sus ventas en un -14,66% hasta los 5.721 M€. Dentro del grupo disminuyeron sus ventas los mojanteros (-14%) y los defoliantes (-38,67%) y aumentaron "otros varios" (1,32%).

Razones de este descenso

A las grandes causas estructurales relacionadas con las políticas europeas tendentes a la reducción de la actividad agrícola y el uso de insumos y con el efecto de la implantación de legislaciones varias que dificultan cada vez más el comercio y uso legal de productos, hay que añadir situaciones concretas que se han producido en el mercado español este año pasado.

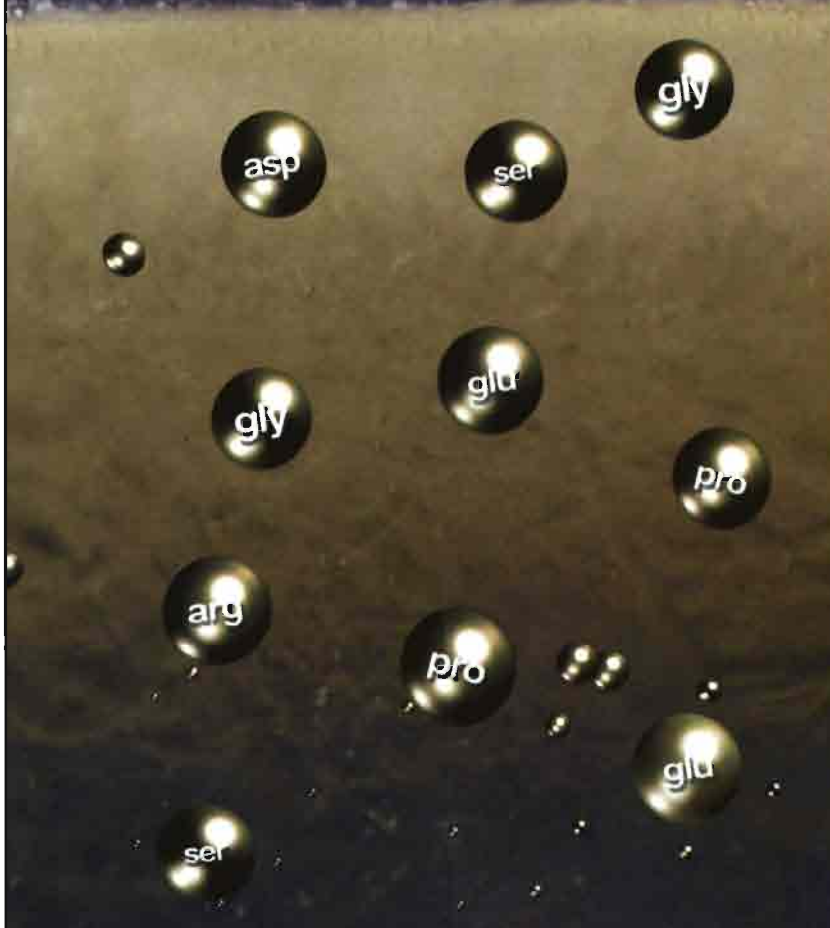
Las diferentes razones para este descenso pueden agruparse dentro de las categorías siguientes:

- Factores climatológicos: ola de frío y sequía.
- Factores de mercado, distinguiéndose entre ellos los que afectan a la oferta:
 - El exceso de productos en la cadena de distribución (stocks).
 - La aparición de productos genéricos con precios muy bajos.
 - La venta ilegal de fitosanitarios, particularmente en el área mediterránea del sureste español.
- Factores de mercado, que afectan a la demanda:
- Recorte de gastos por parte de los agricultores debido a bajos precios de las cosechas, a la escasa productividad o a la incer-

microgránulos solubles

Naturamin®-WSP

80% de aminoácidos libres



mejores cosechas,
mayor beneficio

**Daymsa**

Carrino de Enmedio, 120 • 50013 Zaragoza
Tel.: 976 461 516 • mail@daymsa.com
www.daymsa.com

INTRODUCCIÓN

tidumbre de las explotaciones por los factores climáticos.

- Factores administrativos o legales:
- La legislación en general y las reclasificaciones toxicológicas de los productos han creado incertidumbre en el agricultor y en el distribuidor.
- El mal funcionamiento del Registro de productos fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que alarga innecesariamente los plazos de registro para obtener nuevas autorizaciones.

Como razones específicas del descenso de algunos grupos, además de las climatológicas y otras generales ya señaladas, se pueden citar las siguientes:

- Insecticidas:
- Descenso en la superficie y en la producción de algunos cultivos y aumento del comercio de productos ilegales.
- Acaricidas:
- Elevado precio de los acaricidas específicos e incremento en la facturación de los productos genéricos de bajo precio.
- Envases demasiado grandes, que dificultan su venta.
- Nematicidas:
- Pérdida de superficie de cultivo.
- Incumplimiento de la cobertura geográfica asignada a cada distribuidor.
- Funguicidas:
- Escasa presión de plagas, particularmente de mildiu y oídio.
- Empleo masivo de azufre y productos genéricos.
- Herbicidas:
- Desaparición de productos y reclasificaciones toxicológicas desfavorables.
- Fitorreguladores:
- Desaparición de productos.

Es importante aclarar que este análisis y estos datos se refieren al mercado reportado por las empresas miembro de AEPLA, que representan aproximadamente un 77% del total del mercado fitosanitario español.

► El futuro

La realidad es que se ha producido lo que llevábamos vaticinando durante mucho tiempo. La pasividad de los usuarios, el desconocimiento de los legisladores europeos y su poca consideración hacia las economías y contextos culturales y agronómicos del mediterráneo y la inflexibilidad y poca eficacia de nuestra Administración han llevado a una situación en la que los agricul-

tores tienen cada vez menos soluciones a su alcance y sin embargo se les hacen fácilmente accesibles los productos ilegales.

Existen iniciativas y acciones que contribuirían a cambiar esta negativa tendencia no sólo para el sector, sino para la agricultura en general. Cada actor puede y debe hacer algo para paliar esta situación:

- Por parte del agricultor:
 - Defender un incremento de los precios de los productos agrícolas. Si la cosecha no es rentable, el agricultor seguirá reduciendo sus costes o utilizando productos de bajo precio o ilegales poniendo en peligro la propia producción en calidad y la imagen de todo el sector.
 - No comprar ni utilizar de ninguna manera productos ilegales.
- Por parte de la Administración:
 - Agilizar la autorización de formulados a plazos más razonables. No es aceptable que se dilaten estos plazos tres y cuatro años.
 - Mayores garantías para la fabricación y registro de productos genéricos.
 - Mayor claridad legal, uniformidad y capacidad de predicción de las actuaciones y decisiones reglamentarias y administrativas en el registro.
 - Control del mercado ilegal.
- Por parte de los fabricantes de fitosanitarios:
 - Es necesario un mayor respeto y protección de las zonas asignadas a cada distribuidor.
 - Se demandan nuevos productos fitosanitarios que ofrezcan una mayor calidad.
 - Se requiere una mejora de la imagen de los productos fitosanitarios, tanto entre los propios agricultores como hacia el consumidor final, ya que su imagen se considera muy deteriorada y existe una cierta confusión sobre su utilidad y beneficios para la agricultura y la sociedad.

Aunque todos lo consultados apuntan a otro año difícil a la vista, se observa también una cierta reconversión y diversificación en las empresas del sector fitosanitario que están empezando a adentrarse en otros mercados (exportación) y servicios o productos (biotecnología, fertilizantes, asesoría) para paliar la reducción de la demanda.

Esperamos todos seguir viendo una agricultura española fuerte y competitiva en los años venideros y, aunque los cambios estructurales exigen un gran esfuerzo de adaptación y el futuro inmediato no se presenta halagüeño, trabajaremos en la recuperación del sector y de nuestra agricultura. ■



PRODUCTOS Teejet

Pulverizadores y sistemas de guiado

Recambios y accesorios para Tractores y Maquinaria Agrícola

AGRINA

Pol. Industrial Agustinos, C/ A. Nave D-13
31013 PAMPLONA (Navarra - España)
Teléfonos: 902 312318 - 948 312318
Fax: 948 312341
e-mail: agrinava@agrinava.com
www.agrinava.com



ÚNICO

Confidor[®]



02782496 - C1



Bayer CropScience

La formación para la sostenibilidad en el empleo de fitosanitarios

Aspectos básicos de la homologación de cursos de capacitación para realizar tratamientos fitosanitarios



Hace unos meses que se ha actualizado la normativa sobre la homologación de cursos de capacitación para realizar tratamientos con plaguicidas. En estos momentos, nos encontramos frente a una gran oportunidad para que nuestro sistema de formación obligatoria dé un salto cualitativo y se sitúe a niveles equiparables a los países de nuestro entorno económico que más destacan en estas actuaciones.

Santiago Planas.

Dr. Ingeniero agrónomo. Generalitat de Catalunya.
Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca.

La lucha química sigue constituyendo el método generalizado para el control efectivo de plagas, enfermedades y vegetación adventicia de los cultivos, espacios verdes y masas vegetales. Sin embargo, el riesgo elevado que comporta el empleo de los productos fitosanitarios (PF) hace que todos los países hayan desarrollado abundante legislación que delimita y restringe su empleo.

Ya hemos comentado en anterior ocasión ⁽¹⁾ que la Ley 43/2002 de Sanidad Vegetal ⁽²⁾, disposición legal de máximo

rango que ordena en España lo referente a la protección de los vegetales, incluyendo los cultivos y sus productos, los espacios verdes y masas vegetales, deja para la reglamentación posterior numerosos aspectos concretos relacionados con el empleo de los PF. En lo referente a la formación, solamente hace mención en el apartado 41.1.c), donde se establece que quienes manipulen productos fitosanitarios deberán cumplir los requisitos de capacitación establecidos por la normativa vigente, en función de las categorías o clases de peligrosidad de los productos fitosanitarios.

A un nivel más amplio, continúa activo el foro de discusión dispuesto por la Dirección General de Medio Ambiente en el marco de la estrategia temática sobre el

uso sostenible de los PF en Europa ⁽³⁾. Uno de los principales objetivos de la estrategia temática es aproximar los criterios destinados a minimizar los efectos no deseados de los tratamientos fitosanitarios y avanzar en la elaboración de la nueva disposición legal que ha de sustituir la actual Directiva 91/414 relativa a la comercialización de PF ⁽⁴⁾.

Conclusiones de la encuesta europea al sector fitosanitario

Entre otras actuaciones abordadas por la iniciativa comunitaria, durante el año 2004 y principios de 2005 se realizó una amplia encuesta voluntaria a un total de 1.772 agentes europeos relacionados con los PF, una cuarta parte de los cuales son instituciones públicas o entidades empresariales (solamente 38 de los agentes encuestados son españoles).

El informe final de la encuesta puede consultarse en la dirección de Internet indicada al final del artículo. En él se ofrecen resultados interesantes relacionados con diferentes medidas clave entre las que destacamos los programas de formación y certificación periódica de los aplicadores y de aquellas personas que forman parte de la cadena de empleo de los PF.

Comentamos a continuación dichos resultados y, a su vez, incluimos algunas informaciones adicionales con el ánimo de con-

tribuir a la fijación de criterios en nuestro país y avanzar en la aplicación real y generalizada de dichos instrumentos.

El 79% de los encuestados cree altamente necesaria la existencia de programas de formación obligatoria que involucren a todos los agentes relacionados con el empleo de los PF.

Por orden de relevancia, se citan como de mayor interés la formación en los contenidos siguientes:

- Prevención de la contaminación ambiental (83,5%).
- Toxicología y seguridad del operador (82%).
- Almacenaje, manipulación y procedimientos de limpieza (80%).
- Protección de cultivos, resistencia a los PF (78%).
- Maquinaria y equipos de tratamiento fitosanitarios, descripción y regulación (74%).
- Manejo integrado de plagas y producción integrada (48%).
- Métodos alternativos al control químico (46%).

En relación a la metodología a emplear en los programas de formación, se propugnan las acciones siguientes: participación obligatoria, incluyendo la certificación de los conocimientos adquiridos (71%), en cursos o acciones formativas con una frecuencia mínima de cinco años (85%).

Finalmente, para los usuarios no profesionales (agricultura y jardinería *amateur*) se proponen acciones específicas destinadas a alertar sobre los riesgos inherentes al empleo y asegurar el uso correcto de los PF. En este sentido, se propone expresamente mejorar la comprensión del etiquetado de los envases y embalajes de PF (80%); la formación y certificación específica de las personas que normalmente aconsejan a los usuarios, tales como distribuidores y vendedores de PF (46%); y, finalmente, la ejecución de campañas de información preventiva (46%).

La formación obligatoria en España

En este contexto, hace unos meses que se ha actualizado la normativa sobre la homologación de cursos de capacitación para realizar tratamientos con plaguicidas⁽⁵⁾. La normativa anterior, que databa de once años atrás, debía ser necesariamente actualizada habida cuenta de los cambios tecnológicos y legislativos que ha experimentado el entorno de los PF.

La nueva legislación española redefine los niveles de capacitación mediante el establecimiento de las categorías siguientes:

- **Nivel básico**, dirigido al personal auxiliar de tratamientos terrestres y aéreos y a los agricultores que los realicen en su propia explotación sin emplear personal auxiliar y utilizando plaguicidas que no sean o generen gases clasificados como tóxicos o muy tóxicos, según lo dispuesto en el Real Decreto 255/2003.

- **Nivel cualificado**, dirigido a los responsables de equipos de tratamiento terrestre y a los agricultores que los realicen en su propia explotación empleando personal auxiliar y utilizando plaguicidas que no sean o generen gases clasificados como tóxicos o muy tóxicos, según lo dispuesto en el Real Decreto 255/2003.

- **Fumigador**, nivel cualificado dirigido a los aplicadores profesionales y al personal de las empresas de servicios, responsables de la aplicación de

plaguicidas que sean o que generen gases clasificados como tóxicos (T) o muy tóxicos (T+) conforme al RD 255/2003, que regula la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos para la salud humana y el medio ambiente.

- **Niveles especiales**, para quienes hayan superado previamente las pruebas de los niveles básico o cualificado y dirigidos a toda persona que participe en la aplicación de plaguicidas que sean o generen gases, clasificados como tóxicos o muy tóxicos, teniendo en cuenta su modalidad de aplicación. Este requisito no es aplicable a quienes, por razón de su responsabilidad, deben tener el nivel de fumigador.

Igualmente, en la reciente disposición legal se establecen los contenidos básicos de los respectivos programas que conforman la formación de los niveles de capacitación señalados y que deben constar, como mínimo, de un total de 50 horas lectivas para el nivel básico, 72 horas para el cualificado y 50 horas para el de fumigador. A grandes líneas, existe buena sintonía entre estos contenidos reglamentarios y los expuestos anteriormente al comentar los resultados de la encuesta dirigida a agentes, instituciones y entidades europeas relacionadas con los PF.

Adaptación de los contenidos a realidades concretas

Corresponde a las comunidades autónomas verificar la correcta aplicación de los programas correspondientes a los cursos de formación que se impartan en su territorio. Debe entenderse también que, siempre que se impartan los contenidos básicos y se respeten los mínimos de horas lectivas establecidos, existe un amplio margen para la adaptación de los contenidos de los cursos a las circunstancias específicas de las personas que siguen el proceso de formación.

Así, sería altamente recomendable disponer, tanto para el nivel básico como para el cualificado, de diferentes modalidades de programa, parcial o totalmente adaptado a diferentes grupos, tales como:

- Personal auxiliar o directivo que participa en el proceso de al-



Reunión internacional de especialistas en aplicación de fitosanitarios, celebrado en Braunschweig en abril de 2004. Vista de un banco de ensayo móvil para la determinación de la uniformidad de distribución transversal de pulverizadores para cultivos bajos.



Discusión sobre la morfología del naranjo y la dificultad para que la pulverización alcance las zonas interiores de los árboles.

macenaje y distribución comercial de PF pero que no se involucra directamente en la realización de los tratamientos fitosanitarios.

- Personal aplicador, agricultores y directivos de distintos sectores productivos. En este apartado cabría establecer adaptaciones parciales del programa, particularmente de los contenidos prácticos, como mínimo de las orientaciones productivas o actividades siguientes:

- Arboricultura intensiva: frutales, cítricos, avellano.
- Viticultura.
- Arboricultura extensiva: olivar y almendro.
- Producción de cereales y forrajes.



Complejidad y riesgos son dos calificativos inherentes a la aplicación de productos fitosanitarios. En la foto se está tratando con un pulverizador con deflectores verticales en una parcela de peral en Lleida.

- Horticultura extensiva.
- Horticultura intensiva, incluyendo la producción en invernadero o bajo cubiertas de protección.
- Espacios verdes y masas vegetales en zonas no urbanas.
- Jardinería urbana y céspedes deportivos.

Con la implantación de partes del programa que pusieran énfasis en conceptos de proximidad, se conseguirían sin duda mejores resultados en el aprendizaje, puesto que tanto los formadores como las personas en proceso de formación se esforzarían en encontrar respuestas a las situaciones concretas que se plantean en la realidad de su propia empresa.

Por otra parte, a lo largo de los dos últimos decenios, numerosos trabajos realizados por prestigiosos centros I+D han venido a demostrar la criticidad del proceso de aplicación en relación a la eficacia del tratamiento (efecto fitosanitario), la preservación ambiental (contaminación) y la salud de las personas (intoxicación), ya sean las implicadas en la propia realización de los tratamientos sobre el cultivo como las que son indirectamente expuestas al producto fitosanitario por efecto del traslado del mismo más allá del objetivo a proteger a causa de la deriva.

Es, pues, en lo referente a la acción misma de la aplicación de los PF donde deberían incidir especialmente los programas de formación.

Por suerte, en nuestro país disponemos de algunos de los equipos de expertos mencionados y con capacidad sobrada para dar contenido a la parte específica de las orientaciones productivas indicadas. Sería deseable que dichos expertos, la mayoría de los cuales tienen su referente en el grupo de trabajo de la Subdirección General de Sanidad Vegetal y Producción Integrada del MAPA, trabajaran en la elaboración de programas y herramientas didácticas, particularmente las referidas a las sesiones prácticas específicas.

► Plazos de validez y actualización de conocimientos

En la misma línea de flexibilización y adaptación a las diversas situaciones concretas, cabe preguntarse sobre la consistencia del plazo de validez de diez años, establecido con carácter general en 1994, para el carné o licencia administrativa asociada a la realización de la formación de los distintos niveles de capacitación. Un período de diez años, a tenor de la velocidad a la que hoy se generan los avances tecnológicos, se antoja totalmente excesivo en la mayoría de las situaciones en las que se emplean los PF.

Un pequeño inventario de los principales avances incluye como mínimo las nuevas técnicas de detección y diagnóstico de plagas y enfermedades, la irrupción de los métodos de manejo y control integral, la aparición de nuevos sistemas de control alternativo, el importantísimo salto tecnológico experimentado por la maquinaria y los componentes de aplicación de PF, el desarrollo de nuevos equipos más confortables y eficaces para la protección del personal aplicador y los nuevos instrumentos de prevención de la contaminación ambiental, entre los que destacan los sistemas de limpieza in situ de envases y equipos de tratamientos y las técnicas de prevención de la deriva.

El progreso tecnológico no se puede dar por finalizado, sino que, lógicamente, cabe esperar nuevos e interesantes resultados procedentes de la I+D. En consecuencia, si pretendemos que los usuarios de los PF innoven incorporando dichos resultados a medida que aparezcan a la luz pública, deberemos establecer plazos de validez más reducidos, aproximándonos seguramente a los cinco años que, como máximo, propugnan el 85% de los participantes en la encuesta europea.

Formación de formadores

Otra importante cuestión relacionada con la calidad de la formación es el nivel de conocimientos de base de las personas que participan en la docencia de los cursos de capacitación para la realización de tratamientos fitosanitarios. En este apartado sería interesante establecer una formación específica para estas personas que obligara periódicamente a la puesta al día de sus conocimientos y habilidades, especialmente para los encargados de la formación relacionada con los aspectos más prácticos del empleo de los PF: selección de equipos de tratamientos, regulación y manejo, control periódico de prestaciones, mantenimiento y limpieza de los mismos.

Afortunadamente, en esta línea de actuación disponemos en España de un curso suficientemente acreditado que desde hace un decenio viene impartiendo una formación a nivel de especialización universitaria, dirigida a formar y renovar conocimientos en las técnicas actuales de aplicación de PF. Hasta el momento han participado en este curso unos 300 especialistas, la mayor parte ingenieros, procedentes de las diferentes comunidades autónomas.

Conclusión

Nos encontramos frente a una gran oportunidad para que nuestro sistema de formación obligatoria dé un salto cualitativo y se sitúe a niveles equiparables a los países de nuestro entorno económico que más destacan en estas actuaciones. La reciente publicación de la OM actualizando la regulación de los cursos de capacitación para realizar tratamientos fitosanitarios nos obliga a diseñar nuevas programaciones y a estructurar de nuevo las actuaciones formativas.

Los cambios suelen constituir buenas oportunidades para mejorar. Tengamos presente, como se ha dicho al principio, que nuestra agricultura y también la jardinería y espacios verdes son

altamente dependientes de los PF. El consumo es especialmente elevado en las zonas en las que se desarrolla nuestra agricultura intensiva, la más productiva y probablemente la más consolidada.

Ello imprime a todos los agentes implicados, empresas del sector agroquímico y de la distribución, agricultores, empresas de servicios a terceros y administraciones públicas, la obligación de mejorar en el empleo de los PF. Y nadie pone en duda que ello requiere una mejor formación de las personas que trabajan con los PF.

Mayor dependencia de los PF significa mayores riesgos para las personas y el medio ambiente. Por ello, deberíamos adelantarnos al proceso de armonización que la propia Administración europea irá estableciendo en los próximos años a medida que se concrete la estrategia temática para el uso sostenible de los PF.

Dejamos para posteriores colaboraciones dos grandes temas directamente relacionados con el desarrollado en este artículo, que también han sido objeto de la encuesta europea y constituyen propuestas básicas de actuación nueva de la estrategia para el empleo de los PF. Se trata concretamente de la puesta en marcha de inspecciones obligatorias de los equipos de tratamientos fitosanitarios (nuestro país se encuentra claramente rezagado, habiendo sido superado por algún Estado miembro de reciente incorporación) y del establecimiento de bandas de seguridad entre las parcelas objeto del tratamiento y las parcelas limítrofes, especialmente si se trata de zonas vulnerables o habitadas. ■

Referencias documentales

1. Medios de aplicación de productos fitosanitarios. El nuevo marco de la Ley 43/2002 de Sanidad Vegetal. Vida Rural. Marzo de 2003.
2. Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de Sanidad Vegetal (BOE núm. 279, de 21 de noviembre de 2002).
3. www.europa.eu.int/comm/environment/ppps/home.htm
4. Directiva 91/414/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1991, relativa a la comercialización de productos fitosanitarios (DO L 230 de 19 de agosto de 1991) y su modificación mediante la Directiva 97/73/CE de la Comisión (DO L 353 de 24 de diciembre de 1997).
5. Orden PRE/2922/2005, de 19 de septiembre, por la que se modifica la Orden de 8 de marzo de 1994, por la que se establece la normativa reguladora de la homologación de cursos de capacitación para realizar tratamientos con plaguicidas (BOE de 23 de septiembre de 2005).



COSECHADORAS DE OCASIÓN



Enrique Segura, s.l.

www.enriquesegura.com

Polígono Industrial Sector 4, nº 9
50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza). España
Tfno.: 976 18 50 20 • Fax: 976 18 53 74

Móvil: 609 300 299 E-mail: enrique@enriquesegura.com



Nuevas tecnologías aplicadas a los tratamientos en frutales

Distintas posibilidades que permiten la incorporación de dispositivos electrónicos en los equipos y utilidades

La necesidad de mejorar la calidad de las producciones y de reducir el impacto ambiental de las operaciones de distribución de productos fitosanitarios, junto con la mejora de los equipos electrónicos embarcados está favoreciendo la implantación de nuevas tecnologías en los equipos de pulverización. Del mismo modo, la disminución de los costes de los elementos electrónicos, la reducción de su tamaño, el incremento de su robustez, las mejoras en la interpretación de las pantallas y en la facilidad de uso y, finalmente, la incorporación de interesantes funciones para la pulverización son los factores que han contribuido a que la incorporación de dichos elementos sea hoy una realidad.

Alexandre Escolà Agustí.

Profesor colaborador. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Universitat de Lleida.

En el sector de la aplicación de fitosanitarios, los equipos que han incorporado más tecnología han sido los destinados a los tratamientos en cultivos bajos. El hecho de que el objetivo sea distribuir lo más uniformemente posible el producto en la superficie cubierta por el cultivo ha favorecido, sin duda, esta implantación. En cambio, en el campo de la aplicación en plantaciones frutícolas, donde el cultivo es tridimensional y mucho más irregular, la electrónica está irrumpiendo más lentamente.

Las funciones que pueden desempeñar los elementos electrónicos embarcados se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Funciones de monitorización (**foto 1**): la electrónica se limita a captar la realidad del sistema mediante sensores instalados en la máquina (sensores de presión, sensores de caudal, sensores de nivel, sensores de velocidad, etc.) y a presentarla al operario a través de un monitor o pantalla (presión de pulverización, caudal instantáneo pulverizado, volumen total pulverizado, superficie tratada, volumen pulverizado por hectárea, etc.).

- Funciones de control (**foto 2**): se instalan actuadores en la máquina (electroválvulas, reguladores de presión,



FOTO 1

etc.) para poder modificar los parámetros de pulverización a distancia (presión de pulverización, sectores activos, etc.).

- Funciones de regulación: el sistema va equipado con elementos de monitorización y elementos de control e incorpora algoritmos que permiten una gestión automática de las actuaciones (regulación del caudal emitido en función de la velocidad de avance, de la presencia de vegetación, del volumen de vegetación, etc.).

Las posibilidades que actualmente permite la incorporación de dispositivos electrónicos en los equipos de tratamientos para arboricultura son varias atendiendo a los grupos anteriormente citados:

- Determinación de los parámetros de pulverización de manera previa al inicio del tratamiento en función de los datos introducidos por el operario.
- Información al operario de lo que acontece en su equipo durante la aplicación (monitorización del caudal y/o la presión, velocidad de avance, superficie tratada, nivel del depósito, etc.).
- Detección de problemas y generación de alarmas durante las aplicaciones (obstrucción de boquillas, roturas de conducciones, nivel de caldo en el depósito, velocidad excesiva, etc.).
- Información sobre el resultado del tratamiento (volumen pulverizado, superficie tratada, árboles tratados, presión de trabajo, etc.).
- Control puntual de los elementos actuadores del pulverizador (electroválvulas, regulador de presión, etc.).
- Control automático de la apertura/cierre de los sectores en función de la presencia/ausencia de vegetación.
- Control automático del caudal pulverizado en función del volumen de vegetación.



FOTO 2

FITOSANITARIOS dossier

- Posicionamiento del equipo mediante receptores tipo GPS y generación de mapas de registro para las aplicaciones realizadas.

► Evolución de los equipos de tratamientos para arboricultura

Detección de masa vegetal y pulverización selectiva

Los primeros diseños se realizaron a finales de los años setenta en equipos de aplicación para cultivos bajos y hortícolas. En estos primeros estadios de evolución se desarrollaron sensores de presión, sensores para la detección de vegetación, electroválvulas y elementos electrónicos de decisión. Después de investigaciones y ensayos, llegó el turno de la maquinaria de aplicación para cultivos arbóreos y arbustivos con sus características diferenciales.

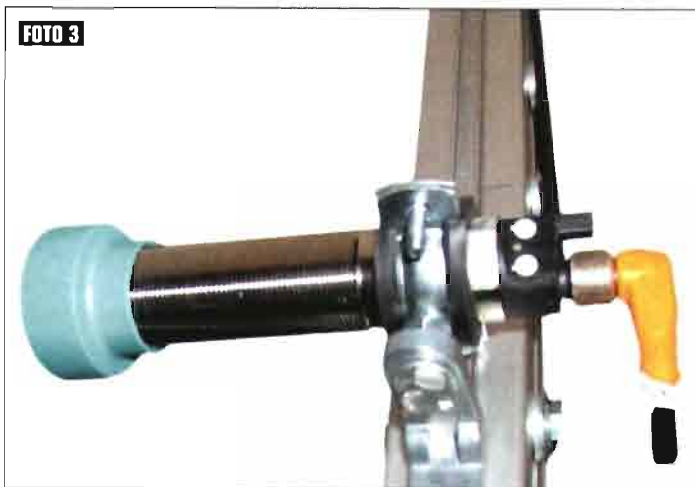
En 1986, Porras y otros desarrollan un pulverizador equipado con un sensor infrarrojo para la detección de la vegetación. Dicho sensor consistía en un par emisor-receptor que requería la intercepción del haz infrarrojo entre ambos para actuar. Este tipo de sistemas de detección presentaba graves inconvenientes estructurales en la situación del par emisor-receptor para la detección. Las pruebas realizadas en olivos, dispuestos en distintos marcos de plantación, permitieron ahorrar entre un 39% y un 62% de producto, aunque se registraron errores de funcionamiento en presencia de copas poco densas o no uniformes.

Una alternativa a dichos sistemas fue propuesta en 1987 por Giles y otros en Estados Unidos, quienes desarrollaron un sistema reflectivo a base de detectores ultrasónicos (**foto 3**) para detectar la presencia de árboles frutales. Este tipo de sensores de vegetación, mejorados con los avances tecnológicos correspondientes, son los que se siguen utilizando en la actualidad. En la versión más sencilla, una barra vertical que contenía varios sensores detectaba la presencia del follaje del árbol a diferentes alturas. A partir de los datos obtenidos, se podía estimar la altura del árbol y se accionaban arcos de boquillas independientes que correspondían a las distintas alturas detectadas. Operando de este modo, se redujo el volumen de líquido aplicado entre un 10 y un 17% y entre un 20 y un 27% en plantaciones de melocotón y manzana, respectivamente. Además, este sistema no supuso reducción alguna de la deposición del pesticida en el árbol.

Posteriormente, los mismos investigadores desarrollaron una variante más avanzada del anterior sistema, en la que, mediante un algoritmo más elaborado, los datos de los sensores servían para calcular el tamaño y el centroide del árbol para optimizar la localización óptima y la cantidad de producto a aplicar. Este control incrementó los ahorros obtenidos hasta un 28-34% y 36-52% en melocotoneros y manzanos, respectivamente. Como era de esperar, los ahorros estaban altamente relacionados con las condiciones de las plantaciones (Giles *et al.*, 1989). Así, los ahorros obtenidos disminuían a medida que la uniformidad en tamaño y forma aumentaba y a medida que la proporción de ausencias o de árboles replantados disminuía.

Ya en 1997, los italianos Balsari y Tamagnone diseñaron un prototipo para pulverizar en función de la presencia de vegetación discriminando el árbol en tres alturas. A tal efecto, el pulverizador se equipó con tres sensores por lado que controlaban una electroválvula On/Off cada uno. Además, la máquina incorporaba un radar para determinar la velocidad real de avance y evitar pulverizar a velocidades inadecuadas. Según los autores, se consigue

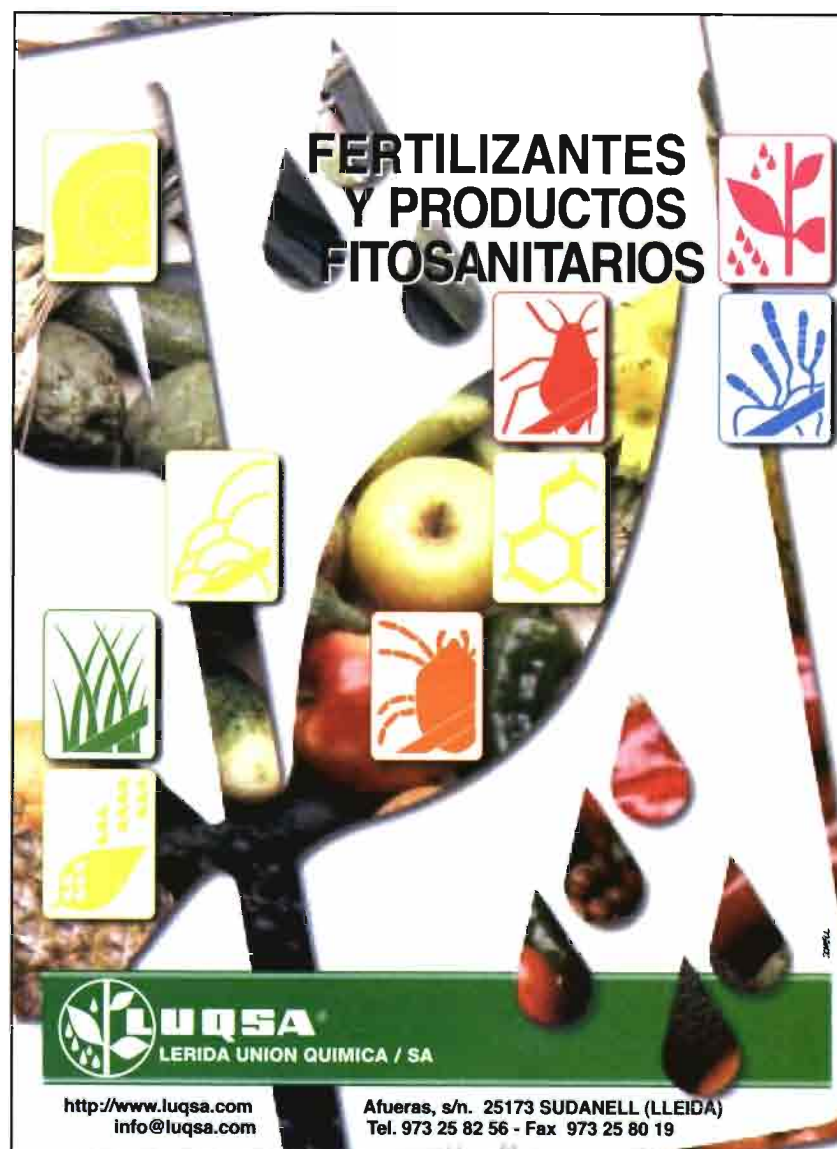
FOTO 3



ron ahorros del 25% respecto a tratamientos en plantaciones intensivas de frutales sin detener la pulverización al final de las filas y de entre un 3 y un 8% respecto a tratamientos tradicionales realizados de forma correcta. Los autores consideraron que el incremento de coste que representaba el embarque del sistema en la máquina podía recuperarse en tres o cinco años.

Pulverización en base a las características de la vegetación

Los sistemas convencionales de aplicación de productos fitosanitarios están normalmente diseñados poniendo gran énfasis



**FERTILIZANTES
Y PRODUCTOS
FITOSANITARIOS**

LUQSA
LERIDA UNION QUIMICA / SA

<http://www.luqsa.com>
info@luqsa.com

Afuera, s/n. 25173 SUDANELL (LLEIDA)
Tel. 973 25 82 56 - Fax 973 25 80 19

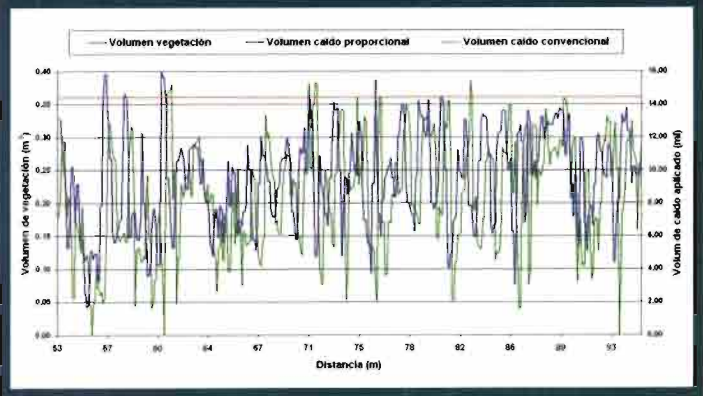
sis en la uniformidad de distribución (vertical y/u horizontal, según el caso) del producto a la salida del pulverizador. Sin embargo, la distribución real de la masa vegetal a tratar puede ser altamente desigual. Mediante el uso de sistemas de detección de la vegetación y el posterior control del caudal del pulverizador es posible localizar el producto en las zonas con presencia de masa vegetal y no aplicar allá donde ésta se halle ausente, como ya se ha descrito, pero también es posible ajustar la dosis a la "cantidad" de vegetación que se presenta al pulverizador. La mayoría de los autores de los sistemas descritos anteriormente ya apuntaban en las conclusiones de sus trabajos la necesidad de caracterizar la vegetación para ajustar más eficientemente el volumen pulverizado. Los sistemas de detección y control en tiempo real aplican una cantidad de producto adaptada a la plantación en el momento de realización del tratamiento. El desarrollo de tales sistemas requiere el uso de sensores, algoritmos y actuadores con unos tiempos de respuesta rápidos y una alta resolución espacial.

En 1999, Martín y col. crearon un modelo de pulverizador capaz de realizar aplicaciones con una cierta proporcionalidad a la vegetación detectada. El funcionamiento del equipo continúa basándose en electroválvulas On/Off que actúan a partir de las señales de los sensores de ultrasonidos. La diferencia radica en la posibilidad de emitir tres caudales distintos: caudal máximo, caudal medio y caudal nulo. El pulverizador responde a la presencia/ausencia de vegetación y, además, discrimina un umbral de vegetación a partir del cual se pasa del caudal medio al máximo y viceversa. Con este sistema, el grupo de investigadores liderado por Moltó (2001) registró ahorros del 37% de producto con respecto a un tratamiento convencional.



FIGURA 1.

Registro de un ensayo de pulverización proporcional a la vegetación con el prototipo diseñado por el Centre de Mecanització Agrària y la Universidad de Lleida que incorpora sensores de ultrasonidos.



La proporcionalidad continua se empezó a conseguir con Rosell y otros en 1996 en una colaboración entre la Universitat de Lleida y el Centre de Mecanització Agrària de la Generalitat de Catalunya. En sus trabajos propusieron un sistema para variar el caudal pulverizado en función del volumen de vegetación. Para conseguir dicha proporcionalidad, se trabajó con electroválvulas proporcionales de solenoide para modificar de manera rápida el flujo emitido por las boquillas. Solanelles, así como también Escolà y otros en 2002, expusieron sus trabajos realizados con pulverización proporcional, continuación de los trabajos de Rosell. Dichos autores construyeron un prototipo capaz de modificar el caudal aplicado desde cero hasta un valor máximo en función de los datos aportados por los sensores de ultrasonidos modificados por una unidad electrónica de control. Los ahorros obtenidos en plantaciones de manzanos, perales y olivos intensivos oscilan entre el 20 y el 65% respecto a un tratamiento convencional. En la **figura 1** se observa el resultado de una aplicación proporcional a partir de la caracterización de la vegetación con sensores de ultrasonidos. Se observa que la curva de volumen de caudal aplicado de forma proporcional a lo largo de la fila sigue la tendencia de la curva de volumen de vegetación aunque con una ligera antelación. La curva roja representa el caudal aplicado de forma convencional. Este tipo de equipos todavía no se encuentran en el mercado.

► Aplicaciones futuras

Caracterización de la vegetación

En la actualidad, los esfuerzos de los investigadores se dirigen hacia una mejor caracterización de la vegetación a partir de otros sensores como pueden ser los basados en radiación láser o en sistemas de visión artificial, estudiando si éstos permiten obtener medidas de la masa vegetal con mayor resolución. La radiación láser ha sido aplicada a la detección y caracterización de especies vegetales mediante los sensores LIDAR (*Light Detection And Ranging*—en castellano, detección lumínica y alcance). Así, Walklate y otros, en 2002 aplicaron esta técnica para la caracterización estructural de plantaciones de manzanos y posterior relación con recomendaciones de dosis de productos fitosanitarios. Tumbo y otros (2002) realizaron un estudio comparativo

Crescal[®]

HIERRO

Si te gusta el verde, te gustará Crescal[®]

Agricultural Products

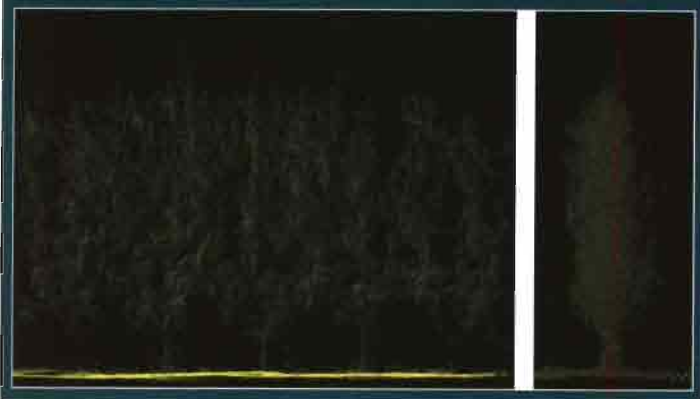
Quelato de Hierro EDDHA 6%
Mínimo 5% orto-orto

 **BASF**

The Chemical Company

FIGURA 2.

Información obtenida mediante el sensor LIDAR en una plantación de perales de la variedad Blanquilla. A la izquierda, vista frontal de una porción de una fila. A la derecha, vista desde el inicio de la fila.



de las prestaciones de los sensores de ultrasonidos y los sensores LIDAR para la medida de las características geométricas de plantaciones de cítricos, comparándolos con métodos manuales de medida. El estudio concluye que ambos sistemas de detección conducen a resultados que concuerdan con las medidas realizadas manualmente, si bien el sistema basado en láser permite una mejor estimación del volumen del árbol que el método basado en ultrasonidos, a causa de su mayor resolución.

La Universitat de Lleida ha realizado ensayos de caracterización de plantaciones frutícolas mediante un sensor LIDAR (Sanz y otros, 2005) y, conjuntamente con el Centre de Mecanització Agrària de la Generalitat de Catalunya, está ultimando la implementación de este sensor en un prototipo de pulverización proporcional (foto 4). Como se observa en la figura 2, los resultados obtenidos con el sensor LIDAR permiten determinar directamente la estructura de la vegetación, su volumen, la superficie foliar y otros datos, y se está trabajando para estimar más parámetros como son la densidad foliar, la "frondosidad" y otros muchos. La posibilidad de instalar este dispositivo en el tractor y registrar datos mientras se realicen las distintas operaciones que requiere la plantación permitiría estudiar la evolución de la vegetación para ajustar mejor las dosis de fitosanitarios. Asimismo, incorporando sensores de posicionamiento global (receptores GPS), sería posible relacionar las lecturas del sensor con las coordenadas donde se han tomado para generar mapas digitales de distribución espacial de variables como el volumen de vegetación y la densidad de vegetación, entre otras, tal como hicieron Schumann y otros en 2005 en Estados Unidos.

Agricultura de precisión

En cuanto a lo conocido como agricultura de precisión, hay que destacar que, tal como se ha descrito, desde los años ochenta ya se está realizando este tipo de agricultura en la aplicación de fitosanitarios con las primeras incorporaciones de sensores en pulverizadores. Concretamente, se trata de agricultura de precisión basada en sensores que trabajan a tiempo real. Actualmente se está investigando intensamente en este campo y debe seguirse estudiando el diseño de nuevas aplicaciones para el ajuste de la dosis en tiempo real.

En la modalidad de agricultura de precisión basada en mapas

digitales de información, todavía queda mucho por hacer en fruticultura. Esta modalidad se basa en la generación de mapas de distribución espacial de variables referentes al cultivo y a la parcela, la interpretación de toda la información generada y, finalmente, la creación de mapas de actuación diferenciada para cada zona que se distinga dentro de la misma parcela. A modo de ejemplo, se podrían hacer mapas de rendimiento, de características del suelo, de relieve de la parcela, de la distribución de plagas, del volumen y frondosidad de la vegetación, etc. para llegar a generar un mapa final de actuación que recomiende una dosis de fitosanitario para cada punto de la parcela. Todavía estamos lejos de integrar todas estas tecnologías en la práctica de la fruticultura. Hace falta mejorar la técnica pero, sobre todo, avanzar en los conocimientos agronómicos que permitan relacionar las causas y los efectos de las distintas variables mapeadas.

Reflexión final

Finalmente, a modo de reflexión, en la agricultura actual no se puede prescindir del uso de los productos fitosanitarios pero sí podemos conseguir minimizar sus efectos nocivos con la formación de los agricultores y con la introducción de las nuevas tecnologías descritas en este artículo. Lamentablemente, debe tenerse en cuenta que la generación actual de agricultores (y también algunos fabricantes) todavía no ha entrado de lleno en las posibilidades que ofrece el mundo de las aplicaciones electrónicas y, algunas veces, es reticente a hacerlo. Por otro lado, también es cierto que las nuevas generaciones de agricultores están cada vez más familiarizadas en el empleo de dispositivos electrónicos domésticos, por lo que tendrán más facilidad en utilizarlos en un ámbito agrario profesional. ■

Referencias documentales

- Balsari P, Tamagnone M. 1997. An automatic spray control for airblast sprayers: First results. *Precision Agriculture* 1997-2. Pp: 619-626.
- Escolà A, Solanelles F, Planas S, Rosell JR. 2002. Electronic control system for proportional spray application to the canopy volume in tree crops. *Eurageng Conference*. Budapest. Paper No. 02-AE-010.
- Giles DK, Delwiche MJ, Dodd RB. 1987. Control of orchard spraying based on electronic sensing of target characteristics. *Transactions of ASAE*. Vol. 30. Pp: 1624-1630,1636.
- Giles DK, Delwiche MJ, Dodd RB. 1988. Electronic measurement of tree canopy volume. *Transactions of ASAE*. Vol. 31. Pp: 264-272.
- Giles DK, Delwiche MJ, Dodd RB. 1989. Sprayer control by sensing orchard crop characteristics: orchard architecture and spray liquid savings. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Vol. 43. Pp: 271-289.
- Moltó M, Martín B, Gutiérrez A. 2001. Pesticide loss reduction by automatic adaptation of spraying on globular trees. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Vol. 78(1). Pp: 35-41.
- Porras A, Gomez J, Arnal JM, Tobes B, Lorite S. 1986. Mejoras producidas por la electrónica en las máquinas de pulverización. 2º *Symposium Nacional de Agroquímicos*. Sevilla. Pp: 378-388.
- Rosell JR, Nogués A, Planas S. 1996. An experimental selective orchard spraying system based on the electronic control of applied flow rate. *Eurageng Conference*. Madrid. Paper. No. 96A-120.
- Sanz R, Llorens J, Ribes-Dasi M, Masip J, Arnó J, Vallés JM, Escolà A, Masana P, Camp F, Palacín J, Solanelles F, Gil E, Planas S, Val L, Rosell JR. 2005. First results of a non-destructive LIDAR system for the characterization of tree crops as a support for the optimization of pesticide treatments. *VIII Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing*. Actas del congreso. Barcelona.
- Schumann AW, Zaman QU. 2005. Software development for real-time ultrasonic mapping of tree canopy size. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 47. Pp: 25-40.
- Solanelles F, Planas S, Escolà A, Rosell JR. 2002. Spray application efficiency of an electronic control system for proportional application to the canopy volume. *Aspects of Applied Biology*. Vol. 66. Pp: 139-146.
- Tumbo SD, Salyani M, Whitney JD, Wheaton TA, Miller WM. 2002. Investigation of laser and ultrasonic ranging sensors for measurements of citrus canopy volume. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 18(3). Pp: 367-372.
- Walklate PJ, Cross JV, Richardson GM, Murray RA, Baker DE. 2002. Comparison of different spray volume deposition models using LIDAR measurements of apple orchards. *Biosystems Engineering*. Vol. 82(3). Pp: 253-267.

Econex ESPANTAPÁJAROS



Cinta vibradora ecológica de efectos acústicos y ópticos que proporciona una protección realmente efectiva contra los pájaros.

Disponible en rollos de 30 metros para cubrir 600 m² y de 500 metros para cubrir 1 hectárea.



**PRODUCTO
PATENTADO**

VENTAJAS

- Se evitan los excrementos
- Se protegen los cultivos
- Es un sistema ecológico
- Es inofensivo
- No es tóxico
- Es seguro
- Es fácil de instalar
- No requiere mantenimiento
- Es efectivo hasta un año
- Es muy económico



APLICACIONES



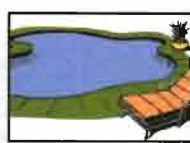
AGRICULTURA Y GANADERÍA



VIVIENDAS Y URBANIZACIONES



CAMPOS DE GOLF



PISCINAS



PARQUES INFANTILES



HOSPITALES



CENTROS DE ENSEÑANZA



HOSTELERÍA Y RESTAURACIÓN



EDIFICIOS Y MONUMENTOS



EMBARCACIONES Y BUQUES



PISCIFACTORÍAS

Inspección técnica de equipos para la aplicación de fitosanitarios

Fases del proceso de inspección y ejemplos de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en Huesca

La inspección de los equipos de aplicación no es obligatoria en la actualidad, salvo para casos específicos como puedan ser los de producción integrada. Sin embargo, la futura reglamentación de la Ley de Sanidad Vegetal obligará a dar una solución práctica al problema de la inspección de equipos de forma genérica. En este artículo se sientan las bases para la realización de la inspección y se muestran unos ensayos prácticos realizados en la provincia de Huesca para dar una visión de la situación actual de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios.

F. J. García Ramos y M. Vidal Cortés.

Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza.

El control de la calidad y de la eficiencia en la aplicación de productos fitosanitarios (**foto 1**) se apoya fundamentalmente en un óptimo estado y regulación de los equipos utilizados, bien sean pulverizadores hidráulicos, bien hidroneumáticos o neumáticos. Debido a que la sustancia activa que se aplica sobre la planta es nociva para el medio ambiente, es necesario disponer de máquinas que realicen tratamientos eficientes de forma que la materia activa acabe depositándose exclusivamente en el cultivo y en la cantidad adecuada. Además, existe una serie de normas de seguridad en su manejo y aplicación para evitar problemas de salud personal.

Una adecuada regulación se puede constatar mediante la realización de ensayos en campo que permitan estimar la calidad del tratamiento en cuanto a tamaño de gota, distribución y

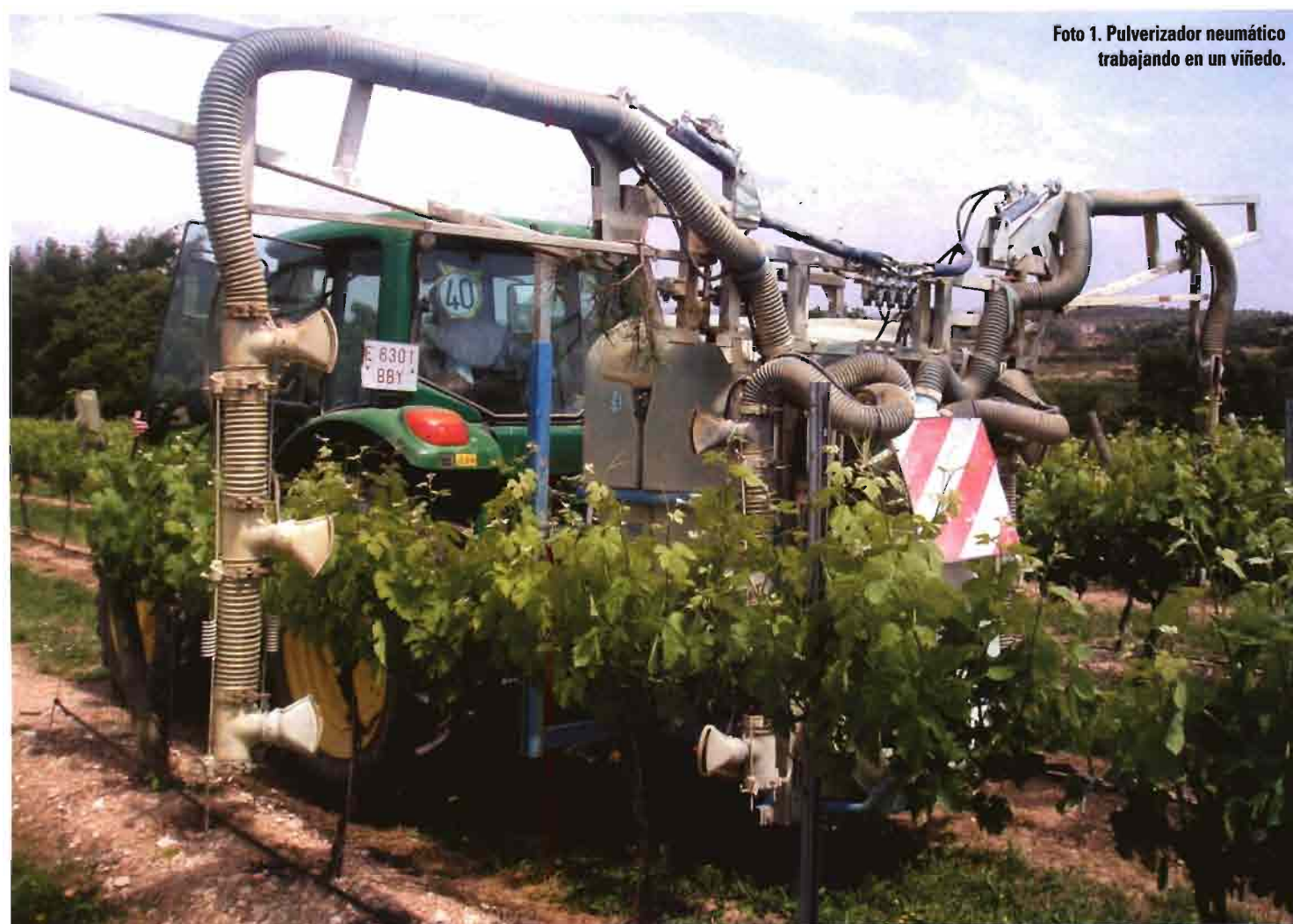


Foto 1. Pulverizador neumático trabajando en un viñedo.

posibles derivas. En relación con el estado óptimo del equipo de aplicación, la clave es disponer de una máquina que cumpla una serie de requisitos técnicos.

El problema surge a la hora de aplicar estos criterios teóricos de forma práctica. Para el caso de las inspecciones técnicas, sería necesario disponer de un protocolo de inspección unido a unos criterios de aceptación o rechazo de la máquina. Estas inspecciones deberían ser realizadas por una empresa certificadora independiente, de un modo similar a la inspección técnica realizada en vehículos (ITV).

Lo que en un principio puede parecer una declaración de intenciones, debe ser considerado como una realidad y un problema a abordar ante la inminente reglamentación de la Ley 43/2002 de Sanidad Vegetal. Dicha Ley establece que los productos fitosanitarios deberán ser utilizados sin riesgos para las personas, para las especies animales criadas o consumidas por el hombre y sin que se produzca impacto inaceptable para el medio ambiente. Para ello, la Ley fija una serie de obligaciones administrativas que afectan a constructores de equipos y usuarios, entre las que cabe destacar: el establecimiento de requisitos técnicos, la revisión periódica de equipos y el establecimiento de centros de inspección técnica, propios o reconocidos por las Administraciones públicas.

Inspección de equipos

Actualmente, algunas comunidades autónomas disponen de un sistema de inspección de equipos de aplicación de productos fitosanitarios, que se lleva a la práctica de diferentes formas en función de la entidad encargada de realizar la inspección: la propia comunidad autónoma, centros de investigación, universidades, etc.

Hay que destacar que la inspección de los equipos de aplicación no es obligatoria en la actualidad salvo para casos específicos como puedan ser los de producción integrada. Sin embargo, la futura reglamentación de la Ley de Sanidad Vegetal obligará a dar una solución práctica al problema de la inspección de equipos de forma genérica.

Básicamente, la inspección de una máquina se apoya en los requisitos fijados por la norma europea EN 13790, publicada en diciembre de 2004, que establece un procedimiento armonizado para la inspección de los equipos en uso. Esta norma consta de dos partes: EN 13790/1, centrada en pulverizadores para cultivos bajos, y EN 13790/2, centrada en pulverizadores para cultivos arbóreos.

El objetivo de dicha norma es garantizar la realización de una buena aplicación del producto fitosanitario sin riesgo para el operario ni para el medio ambiente. Para ello la norma EN 13790 se apoya en las normas europeas sobre seguridad y protección ambiental EN 907 y EN 12761.

Los bloques o criterios considerados para la inspección de un equipo son: protección y seguridad, bomba, sistema de agitación, depósito, manómetro, regulador, sistema de distribución, conducciones, filtros, boquillas y ventilador.

Para realizar la inspección, es necesario disponer de un equipamiento adecuado y calibrado correctamente, que permita cuantificar el estado de los diferentes componentes del equipo.

Algunos de los equipos básicos necesarios para una inspección son:

- Manómetro para contraste de presiones (foto 2).



Foto 2. Manómetro de referencia para contraste de presiones.



Foto 3. Equipo para la medida de la distribución de producto en pulverizadores de barra.

- Equipo para la medida de caudales en ventiladores de pulverizadores.
- Equipo para la medida de caudales en boquillas.
- Comprobador de boquillas, con accesorios para pulverizadores de barras e hidroneumáticas.
- Equipo de medición de presiones múltiples.
- Equipo para la medida de la distribución de producto en pulverizadores hidráulicos de barra (foto 3).

Realización de la inspección

La inspección de un equipo consta de una fase de inspección visual y otra de medida de parámetros técnicos.

Antes de realizar la inspección, el depósito de la máquina se debe encontrar vacío para la comprobación visual del estado de los elementos agitadores. Posteriormente, el depósito debe ser llenado para proceder a la descripción y comprobación visual, a máquina parada, de los elementos del equipo: bomba, depósito, manómetro, regulador, distribución, conducciones, filtros, ventilador, boquillas y protección/seguridad. Finalmente se realiza una inspección visual consistente en la descripción y comprobación del estado de los diferentes elementos que componen un equipo de tratamientos fitosanitarios en funcionamiento.



Foto 4. Medición del caudal de boquillas con un caudalímetro electrónico.



Foto 5. Cuantificación de la velocidad de aire a la salida del ventilador.

En una segunda fase, se cuantifican diferentes parámetros técnicos de la máquina. Así, se comprueba el caudal de las boquillas (foto 4) y se compara su variación con respecto al caudal teórico de las mismas en función de la presión de trabajo. También se puede cuantificar la velocidad de aire del ventilador (foto 5) y su posible desviación con respecto a la teórica. En el caso del manómetro, se contrasta con uno de referencia o patrón (con certificado de calibración). También se comparan variaciones de presión entre diferentes zonas de los circuitos hidráulicos de la máquina (foto 6).

► Ejemplo de resultados

Como ejemplo de inspecciones, mostraremos algunos resultados de la inspección de dieciocho equipos pulverizadores para viñedo en la Comarca del Somontano de Barbastro (Huesca). Estas inspecciones se realizaron con la colaboración del Área de Desarrollo y Comarcalización de la Diputación Provincial de Huesca y del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Vinos del Somontano. El objetivo de mostrar estos resultados es dar una pequeña visión de la situación actual de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios, que consideramos bastante extrapolable al conjunto de los mismos.

Cabe destacar que el 83% de los equipos revisados tenía una antigüedad menor de cinco años, por lo que se trata de equipos modernos que deberían estar en condiciones óptimas.

En cuanto al tipo de bomba instalada, predominó la bomba de pistón (60% de equipos), seguida por la bomba de membrana (30%) y la de pistón-membrana (10%). El estado de la bomba fue clasificado como grave en el 80% de los casos. Sin embargo, esta clasificación fue debida principalmente a la ausencia de válvula de seguridad, aspecto no achacable al viticultor.

Las protecciones de las transmisiones de fuerza fueron deficientes en un 45% de los casos (foto 7). Este hecho indica un bajo nivel de concienciación en cuanto a la importancia de los medios de prevención de riesgos laborales.

Las conducciones presentaron un estado correcto en la mayoría de los equipos, con ausencia de agrietamientos y fugas. Los depósitos también presentaron un balance positivo en cuanto a estanqueidad de la tapa, legibilidad del indicador del nivel, sistema de vaciado del depósito y ausencia de restos de producto exterior.

También se realizó la medición de la diferencia entre la presión indicada en el manómetro instalado en el equipo y la entra-



Foto 6. Medida de presión en el circuito hidráulico del pulverizador.

FITOSANITARIOS dossier



Foto 7. Transmisión de toma de fuerza defectuosa.



Foto 8. Detalle de filtro en buen estado.

da a los sectores de distribución. El diagnóstico fue grave si la diferencia de medición entre estos dos puntos es superior al 15%. La uniformidad de presiones entre manómetro y sectores fue menor del 15% para el 81% de las máquinas.

En cuanto a los filtros (**foto 8**), todos los equipos disponían de filtro de aspiración: el 50% de impulsión de la bomba, el 70% de impulsión en sectores y el 20% en boquillas. Sólo el 50% de los equipos inspeccionados se encontraban con sus filtros limpios y en correcto estado

de mallas, así como de accesibilidad. Considerando el total de equipos, un 40% presentaban filtros sucios o con mala accesibilidad, mientras que un 10% de los equipos tenían las mallas rotas.

Sólo un 20% de los manómetros (**foto 9**) cumplía con las exigencias de resolución de escala, rango y precisión de medición (rango y resolución de escala de 1 bar entre 5 a 20

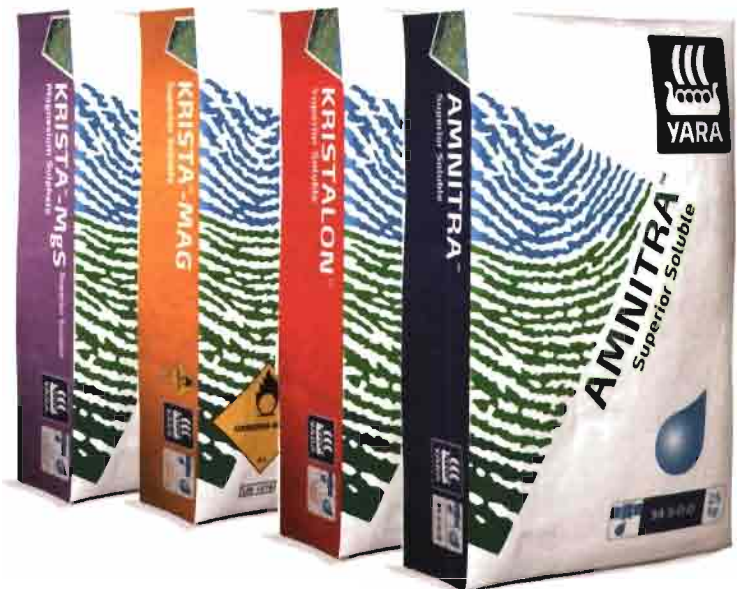


Foto 9. Manómetro de regulación de presión.



Para fertirrigación

Apuesta por la calidad



Para más información, contactar:

info.iberian@yara.com



Desarrollando Tu Potencial

bares y de 2 bares para > 20 bar) y un 5% de los equipos directamente no disponía de manómetro para la regulación de la presión de trabajo. Esta situación podría calificarse como grave, ya que el manómetro es el único medio del que dispone el operador para regular la presión de trabajo de la máquina, y por lo tanto el caudal de las boquillas, que junto con parámetro de la velocidad de circulación con el tractor son los dos factores que influyen en el cálculo de un correcto volumen de aplicación por hectárea de caldo.

En lo referente a las boquillas (foto 10), el 45% de las máquinas disponía de boquillas antigoteo y el 70% de boquillas con cierre individual. El 94% de las máquinas presentó una variación de caudal en boquillas respecto al nominal mayor del 15%.

■ Situación actual de las inspecciones

En el Estado español existen grandes diferencias en cuanto a la puesta en marcha de un servicio de revisión de equipos de aplicación de productos fitosanitarios por parte de cada una de las comunidades autónomas. Las más avanzadas en este tema pueden ser Cataluña, Valencia o Murcia, estando estructuradas estas revisiones según tres modelos distintos. Mientras que en Cataluña las inspecciones se realizan por parte del Centro de Mecanización Agraria del propio Departamento de Agricultura de la Generalitat, en Valencia se presta el servicio a través del Departamento de Mecanización de la Universidad Politécnica mediante el establecimiento de un convenio con el Gobierno valen-



Foto 10. Detalle de boquilla.

ciano, y en Murcia es a través de una colaboración entre la Federación de Cooperativas (Fecoam) y el Gobierno de la comunidad, que encarga la revisión al Centro Tecnológico del Metal.

Para el caso de Extremadura, es la propia Consejería la que realiza las revisiones a las máquinas acogidas a producción integrada, y en Castilla-La Mancha es por medio de la Estación de Seguimiento de Maquinaria Agrícola como se presta el servicio. Por otro lado, es de destacar la formación de una empresa privada (Zerbinek SL) especializada, entre otros temas, en realizar estas inspecciones en Vitoria.

La gran mayoría de los equipos revisados están acogidos a sistemas de producción integrada y requieren de revisiones periódicas cada tres o cuatro años, dependiendo de cada comunidad autónoma.

En el resto del país, se puede decir que actualmente se está en la puesta a punto de este servicio, bien sea directamente por los respectivos Gobiernos autonómicos, bien por empresas públicas, bien por convenios con universidades o centros de investigación.

En el caso concreto de Aragón, durante el año 2005 se realizó un trabajo para establecer las bases de este servicio de revisión de máquinas de aplicación mediante un convenio entre el Centro de Protección Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación, la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina y la Escuela Politécnica Superior de Huesca. Durante esa anualidad, se revisaron pulverizadores hidroneumáticos de tres zonas frutícolas de la comunidad (Cinca, Calanda y La Almunia), poniendo a punto los protocolos de revisión y costes de las mismas.

En este sentido, hay que destacar que la mayoría de las comunidades autónomas, que de una u otra forma prestan el servicio, lo hacen de forma gratuita para el agricultor. Sin embargo, la realización de estas inspecciones lleva consigo un coste relativamente alto, fundamentalmente porque es necesario desplazar a cada cooperativa o municipio el equipo humano y material necesario, que está aproximadamente establecido en 100 € por máquina, dependiendo de distancias, tipo de máquina, edad, mantenimiento, etc. ■

LAS VENTAJAS DE LA BIOLOGÍA CELULAR

BIOAGA USA CORP.
Celluler Biology Laboratory
Los Angeles, Cal. USA
www.bioaga.com

Rte. BERLIN BIOTEC.
(BIOAGA) Tudela
Fax. 948 82 84 37
Tel. 902 154 531

BIOAGA a la cabeza de la alta tecnología con sus abonos CEN conocidos internacionalmente por sus excelentes resultados: producción y calidad

CEN FERTILIZANTE CIENTÍFICO
Óptimo para Producción Integrada
Registrado en USA nº F-1417

RECORDS DE PRODUCCIÓN CON CEN:

9.000 kg. de TRIGO por Ha. Peso espe. 82

6.500 kg. de AVENA por Ha.

11.500 kg. de CEBADA por Ha. Peso espe. 73

22.000 kg. de MAIZ por Ha. con 155 mg. por kg. de triptófano

14.500 kg. de ARROZ por Ha. y 2,1 mg/kg Vitamina A más 400% Vitamina E más 4% proteína

215.000 kg. de TOMATE por Ha. con 11% BRIX

145 kg. de CLEMENTINA por árbol, 90% 1ª A

72.000 kg. de CLAUSELLINA por Ha.

80.000 kg. MARISOL Ha. (80% extra. 19% 1º)

44.000 kg. de UVA DE VINO por Ha. con 11,3º en riego

80.000 kg. de PATATA por Ha. + 46% Vit. A

415 kg. de ACEITUNA por árbol con 28% de rendimiento y 15% menos de acidez

110.000 kg. de REMOLACHA por Ha. con 19º

NOS APROXIMAMOS A LOS RECORDS MUNDIALES

VARIAS MEDALLAS DE ORO, PLATA Y BRONCE CONSEGUIDAS
EN VINO POR CLIENTES CEN

FERTILIZANTES Y PIENSOS ECOLÓGICOS:

EKOLOGIK Fertilizante natural

Autorizado en la UE para agricultura ecológica

Empresa ganadora de DOS ESTRELLAS INTERNACIONALES DE ORO;

Una a la TECNOLOGÍA y otra a la CALIDAD. TROFEO al PRESTIGIO COMERCIAL



Branson TRACTORS

Tractores compactos

DESDE 29 HASTA 48 C.V. DE POTENCIA, QUE DESTACAN POR SU VERSATILIDAD, LA FIABILIDAD DE SUS MOTORES Y SU TRANSMISIÓN SINCRONIZADA CON INVERSOR.



La mejor herramienta para su trabajo:

- Admiten cualquier tipo de apero arrastrado, suspendido o accionado por la T.d.F.
- Elevador con control de posición y profundidad (según series).
- T.d.F. de dos velocidades (540 y 1.000 r.p.m.) con accionamiento electrohidráulico.

5 modelos diferentes:

- Motores de 3 y 4 cilindros desde 29 hasta 48 C.V.
 - Doble tracción.
 - Inversor sincronizado.



BRANSON ES UNA MARCA COMERCIALIZADA POR COMECA Y SU RED DE CONCESIONARIOS

COMECA
AGRÍCOLA

Comercial de Mecanización Agrícola, s.a.
Polígono Industrial "El Balconcillo". Calle Lepanto, 10.
19004 Guadalajara (España).
Tel.: 949 20 82 10. Fax: 949 20 30 17
E-mail: comeca@comeca.es - www.comeca.es

(1996) como método oficial de análisis, con unas pequeñas modificaciones realizadas con el fin de aumentar su robustez. Recientemente, otros métodos que permiten el análisis de los quelatos férricos de algunas de las nuevas moléculas admitidas como agentes quelantes han sido desarrollados, concretamente métodos de análisis de Fe-EDDHA y Fe-

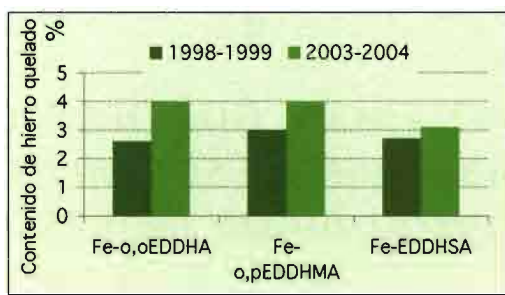
o,p-EDDHA (García-Marco *et al.*, 2005 y 2006a). Estos últimos métodos están actualmente en la fase final de aprobación para su utilización como métodos oficiales de análisis en la Unión Europea.

En cuanto a la calidad de las formulaciones en los años 1998-2004, un estudio reciente analizó dos grupos de al menos 80 productos con un contenido de hierro soluble declarado en el etiquetado del 6% y vendidos en España. Los productos comercializados en los años 2003-2004 tuvieron mayores contenidos de hierro quelado por el agente quelante declarado en la etiqueta que los productos comercializados en 1998-1999 (Álvarez-Fernández *et al.* 2006b; **figura 4**).

Estabilidad de los quelatos férricos

La constante de formación de un quelato de hierro determina la afinidad de la molécula de agente quelante por el hierro. Las constantes de formación de los quelatos férricos sintéticos admitidos por la legislación y el año en que fueron publicadas se presentan en el **cuadro I**. Los datos más recientes se corresponden a algunas de las moléculas (*o,p*-EDDHA y EDDHSA) recientemente admitidas por el reglamento, que presentan una capacidad para unir hierro en forma férrica (Fe(III)) menor que la molécula de *o,o*-

FIGURA 4.
EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE LOS FERTILIZANTES A BASE DE QUELATOS FÉRRICOS SINTÉTICOS EN EL MERCADO ESPAÑOL EN LOS ÚLTIMOS AÑOS. (Datos tomados de Álvarez-Fernández *et al.* 2006b).



EDDHA, pero significativamente mayor que la de la molécula EDTA.

Persistencia de los quelatos de hierro en la disolución del suelo

La eficacia fertilizante de un quelato de hierro depende también en gran medida de la estabilidad de la molécula en la disolución del suelo. Otros cationes (protones, cobre, calcio, zinc, etc.) presentes en la solución del suelo pueden desplazar al hierro de la molécula de quelato de hierro, formándose un nuevo quelato con otro metal. Hace tiempo que se conoce que los quelatos de EDTA, DTPA y HEDTA no son estables al pH de los suelos calizos, ya que a pH superiores a 6 el zinc, el manganeso o el calcio desplazan al hierro de la

molécula de quelato. Por el contrario, el Fe-*o,o*-EDDHA y el Fe-*o,p*EDDHMA son estables en el intervalo de pH de 4 a 9 y han demostrado ser muy eficaces corrigiendo y controlando la clorosis férrica en suelos calizos. En los últimos años se ha comprobado que la estabilidad a diferentes valores de pH de las moléculas Fe-EDDHA y Fe-EDDCHA5,2 es muy similar a la de moléculas más conocidas como Fe-*o,o*-EDDHA y el Fe-*o,p*EDDHMA, ya que el 100% del hierro permanece unido al agente quelante en el intervalo de pH de 4 a 9 (Lucena, 2006; Álvarez-Fernández *et al.*, 2002b). Con respecto a la molécula Fe-*o,p*-EDDHA, que está presente junto al Fe-*o,o*-EDDHA en los formulados comerciales a base de Fe-EDDHA, la estabilidad de ambas moléculas en función del pH de la solución es similar, ya que el porcentaje de hierro que permanece en disolución unido al ligando fue del 100 y del 90%, respectivamente, en el intervalo de pH característico de los suelos agrícolas (Lucena *et al.*, 2006).

Por otra parte, la adsorción de los quelatos de hierro sobre los componentes del suelo también disminuye la eficacia de estos compuestos como fertilizantes. Los quelatos Fe-EDDHA y Fe-EDDCHA5,2 reaccionan en menor medida que otros quelatos como Fe-*o,o*EDDHA y el Fe-*o,p*EDDHMA con algunos de los componentes del suelo más re-

activos, como son la materia orgánica y los óxidos férricos (Álvarez-Fernández *et al.*, 2002b). Cuando la interacción es con un suelo calizo, tanto el Fe-EDDHA como el Fe-EDDCHA5,2 permanecen en disolución en la misma medida (80-100%) que el Fe-*o,o*EDDHA y Fe-*o,p*EDDHMA durante los 22 primeros días desde el inicio de la reacción, mientras que sólo el 10% de hierro permanece unido a EDTA o DTPA (García-Mina *et al.*, 2003). Sin embargo, 50 días después del inicio de la interacción, el 90% del hierro permanece unido al EDDHA y EDDCHA5,2, mientras que sólo el 60-80% de los quelatos Fe-*o,o*EDDHA y Fe-*o,p*EDDHMA continúan en disolución (García-Mina *et al.*, 2003). Con respecto al comportamiento de la molécula Fe-*o,p*EDDHA, un ensayo de interacción con tres suelos calizos diferentes mostró que el contenido de Fe-*o,p*EDDHA que permanece en disolución es marcadamente superior al de Fe-EDTA, pero significativamente inferior al de Fe-*o,o*EDDHA (Lucena, 2006).

Evaluación agrónomica

Los estudios hechos para evaluar la capacidad de los quelatos férricos para aportar hierro a la planta se han centrado en determinar el efecto del tipo de quelato (los nuevos frente a los más conocidos) así como la época y la frecuencia de tratamiento sobre la eficacia de estos fertilizantes.

Efecto del tipo de quelato

Algunos de los estudios tienen como objetivo determinar la capacidad del quelato para ceder el hierro a la planta. Las plantas están preparadas para reducir el hierro que normalmente se encuentra en forma férrica (Fe(III)) a forma bivalente (Fe(II)) que es la forma normalmente absorbida por las raíces. Este proceso lo realizan a través de una enzima que es capaz de reducir también el hierro de los quelatos de hierro sintéticos. En plantas de pepino cultivadas en hidroponía, la cantidad de hierro reducido por esta

CUADRO I.

LOGARITMOS DE LAS CONSTANTES DE FORMACIÓN DE ALGUNOS DE LOS QUELATOS FÉRRICOS ADMITIDOS PARA SER UTILIZADOS COMO FERTILIZANTES POR EL REGLAMENTO DE LA UNIÓN EUROPEA (DOUE, 2003 Y 2004).

Quelato de hierro(III)	log K _{FeL}	Año de publicación
FeHEDTA	19.8	1963 ^a
FeEDTA	25.1	1951 ^a
FeDTPA	28.6	1959 ^a
Fe- <i>o,p</i> -EDDHA	28.7	2003 ^b
FeEDDHA	32.8	2003 ^b
FeEDDH4MA	34.4*	1990a, 2003c*
Fe- <i>o,o</i> -EDDHA	35.1*	1989, 2003c*

^a Ahrland *et al.*, (1990); ^bYunta *et al.* (2003a); ^cYunta *et al.* (2003b);

*Dato correspondiente a la mezcla de las formas racémica y meso.

enzima, así como la cantidad de hierro encontrada en hoja en función del quelato que suministraba dicho elemento, siguió el orden Fe-*o*,*o*EDDHA > Fe-*o*,*p*EDDHMA > Fe-EDDHA (Lucena, 2006). Otro estudio realizado con la misma especie vegetal y modo de cultivo, en el que se utilizó para suministrar hierro Fe-*o*,*p*EDDHA, Fe-*o*,*o*EDDHA y un formulado comercial conteniendo los dos compuestos anteriores, mostró que los tratamientos con Fe-*o*,*p*EDDHA presentan mayores valores de reducción de Fe(III) a Fe(II) (García-Marco *et al.*, 2006b). En este mismo estudio también se realizó un cultivo hidropónico de plantas de soja y se observó que una mezcla (50:50) de Fe-*o*,*p*EDDHA y Fe-*o*,*o*EDDHA produjo plantas de mayor tamaño y contenidos de hierro en hoja que aquellas tratadas sólo con la misma concentración de Fe-*o*,*o*EDDHA (García-Marco *et al.*, 2006b).

Los ensayos con plantas presentados hasta ahora están realizados con estándares de los quelatos de hierro preparados en el laboratorio, a partir del agente quelante puro y de una sal de hierro. Sin embargo las pruebas con árboles frutales u otros cultivos en el campo se realizan con formulaciones comerciales, ya que se precisa de grandes cantidades de producto. Como hasta la fecha los contenidos de hierro unido a los agentes quelantes presentes en el formulado comercial no estaban declarados en el etiquetado, las pruebas realizadas sin un análisis previo de los fertilizantes utilizados originan resultados de difícil interpretación. La aplicación al suelo de cantidades iguales de Fe-*o*,*o*EDDHA y de Fe-*o*,*p*EDDHMA en forma de productos comerciales, calculando las dosis en función del análisis del contenido de hierro ligado a las moléculas de agente quelante, y utilizando melocotoneros muy afectados por la clorosis férrica, mostró una eficacia correctora y un efecto sobre la producción similar (Álvarez-Fernández *et al.*, 2005). En otro ensayo realizado durante dos años

sobre perales afectados de clorosis y siguiendo la misma metodología en cuanto al cálculo de dosis del componente activo del formulado comercial, se comparó la eficacia de la aplicación al suelo de 1 g de hierro quelado como Fe-*o*,*o*EDDHA o Fe-*o*,*p*EDDHMA y 0,6 gramos de hierro quelado como Fe-EDDHA (Álvarez-Fernández *et al.*, 2005). El Fe-EDDHA resultó igualmente eficaz para aumentar la clorofila de las hojas de peral que los quelatos Fe-*o*,*o*EDDHA y Fe-*o*,*p*EDDHMA. Sin embargo, otro ensayo realizado con melocotoneros en los que la aplicación de los productos se realizó a igualdad de dosis de producto, no de hierro quelado, el Fe-EDDHA fue menos eficaz que los tratamientos a base de productos Fe-*o*,*o*EDDHA y Fe-*o*,*p*EDDHMA, si bien fue siempre muy superior al control no tratado con hierro (Álvarez-Fernández *et al.*, 2003).

Efecto de la época y frecuencia de tratamiento

Este es un aspecto todavía muy poco estudiado. Se ha descrito que las aplicaciones de quelato de hierro en otoño pueden producir mayores incrementos de clorofila en hoja del año siguiente respecto del tratamiento control (sin aplicación de hierro) que otras aplicaciones realizadas a finales del invierno (Rombolà *et al.*, 1999). Este interesante estudio fue realizado con árboles de kiwi y con aplicaciones directas al suelo de un fertilizante a base de Fe-EDDHA.

La aplicación semanal de quelato de hierro resulta menos eficaz para controlar la clorosis férrica en clementina que aplicaciones cada dos, cuatro u ocho semanas cuando se utiliza una dosis de 3 g de hierro aplicado como fertilizante a base de Fe-EDDHA (Bañuls *et al.*, 2003).

Conclusiones y perspectivas de futuro

Hoy en día existen métodos oficiales de análisis que permiten determinar la cantidad de hierro unida a la molécula de agente

quelante para la mayoría de las permitidas por el Reglamento actual de la Unión Europea (DOUE. 2003 y 2004). La calidad de las formulaciones comerciales en el mercado español ha mejorado considerablemente durante los años en los que estos métodos de análisis han sido desarrollados y aplicados. Además, los quelatos de hierro de algunas de las moléculas que el actual Reglamento europeo admite como agentes quelantes (*o*,*p*EDDHA y EDDHSA), se han comportado de forma muy similar en cuanto a los diferentes factores que afectan a la eficacia fertilizante. Finalmente, la optimización de la metodología de aplicación (tratamientos otoñales, diversificación de las dosis a aplicar) puede mejorar de forma muy importante la eficacia de estos compuestos y disminuir los riesgos potenciales de contaminación ambiental.

Con respecto a las perspectivas de futuro, uno de los aspectos a abordar es el estudio de los quelatos de hierro sintéticos en el medio ambiente. Este estudio presenta dificultades importantes desde el punto de vista analítico que lo hacen complicado. Por una parte, las concentraciones a determinar son pequeñas por lo que se precisa de tecnología analítica muy sensible. Por otra parte, este estudio implica determinar muchos compuestos diferentes, ya que al introducir los quelatos de hierro en el medio estos intervienen en reacciones de intercambio de metal que producen quelatos diferentes al original. Otra de las dificultades se deriva de que las matrices medioambientales son complejas y pueden interferir en la determinación analítica de los compuestos. Con el objetivo de resolver estos problemas, en los últimos años se están aplicando modernas tecnologías analíticas como el acoplamiento entre la cromatografía líquida (HPLC) y la espectrometría de masas con plasma acoplado por inducción (ICP-MS) o bien la espectrometría de masas con ionización por electrospray (ESI-MS). ■

NOTA

Este artículo es una traducción al español del artículo titulado "Valutazione chimica ed agronomica dei chelati di ferro sintetici" que será publicado en el volumen de la revista *Italus Hortus* que recogerá los trabajos presentados al "Convegno Nazionale Sulla Nutrizione delle Colture da Frutto" celebrado en Bologna (Italia) del 6 al 7 de septiembre del 2005.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha estado financiado por los proyectos AGL2003-01999 y AGL2004-00194 (Ministerio de Educación y Ciencia y FEDER). A. A-F. disfruta de un contrato Ramón y Cajal del Ministerio de Educación y Ciencia.

Bibliografía

- Álvarez-Fernández *et al.*, 2006a. En: L. L. Barton, J. Abadía ed., *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer: 85-101, in press.
- Álvarez-Fernández *et al.*, 2006b. *J Agric Food Chem*, (en preparación).
- Álvarez-Fernández *et al.*, 2005. *Europ J Agronomy*, 22: 119-130.
- Álvarez-Fernández *et al.*, 2003. *Phytoma*, 146:30-36.
- Álvarez-Fernández *et al.*, 2002a. *J Agric Food Chem*, 50: 284-290.
- Álvarez-Fernández *et al.*, 2002b. *Plant and Soil*, 241: 129-137.
- Álvarez-Fernández *et al.*, 2000. En: Tesis Doctoral de la Universidad Autónoma de Madrid, UAM Ediciones, Madrid.
- Bañuls *et al.*, 2003. *J Plant Nutr*, 26:1985-1996.
- CEN (Comité Européen de Normalisation), 2001a. EN 13368-1: 2001 E.
- CEN (Comité Européen de Normalisation), 2001b. EN 13368-2: 2001 E.
- DOCE, 1976. Directiva 76/116CEE. Nº L24, del 30 de enero de 1976.
- DOUE, 2003. Reglamento CE Nº 2003/2003. Nº L304/1, del 21 noviembre 2003. DOUE, 2004. Reglamento CE Nº 2076/2004. Nº L359/25, del 4 diciembre 2004.
- García-Marco *et al.*, 2006a. *J Agric Food Chem*, 54: 1380-1386.
- García-Marco *et al.*, 2006b. *Plant Soil*, 279:31-40.
- García-Marco *et al.*, 2005. *J Chromatogr A*, 1064: 67-74.
- García-Marco *et al.*, 2003. *J Plant Nutr*, 26: 2009-2021.
- García-Mina *et al.*, 2003. *J Plant Nutr*, 26: 1943-1954.
- Hernández-Apaolaza *et al.*, 1997. *J Chromatogr A*, 789, 453-460.
- Lucena J., 2006. En: L. L. Barton, J. Abadía ed., *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer: 103-128, in press.
- Lucena *et al.*, 1996. *J Chromatogr A*, 727: 253-264.
- Rombolà y Tagliavini, 2006. En: L. L. Barton, J. Abadía ed., *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer: 61-83, in press.
- Rombolà *et al.*, 1999. *Frutticoltura*, 5, 59-64.
- Yunta *et al.*, 2003a. *J Agric Food Chem*, 51: 5391-5399.
- Yunta *et al.*, 2003b. *Inorg Chem*, 42: 5412-5421.