

# La aplicación de tratamientos fitosanitarios

## Evolución de los equipos

La tendencia general en los equipos para la aplicación de productos fitosanitarios busca una mejora de la eficacia del tratamiento (alcanzar los efectos perseguidos con la mínima cantidad de producto activo). El sistema de pulverización tradicional continuará siendo el más utilizado, mejorando la técnica de boquillas y los sistemas de distribución, generalizándose la «asistencia» de aire.

● **C. BERNAT, E. GIL.** Dpto. de Ingeniería Agraria. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.

**E**n los últimos años los equipos para tratamientos, que genéricamente podemos llamar pulverizadores, han sido uno de los grupos de maquinaria agrícola que ha sufrido una mayor evolución. Los materiales empleados, los sistemas de control, especialmente, han permitido una sensible mejora en las prestaciones de estos equipos.

La presión a que se ve sometido el sector agrícola, y muy en particular la aplicación de pesticidas, por las diferentes instancias que se ocupan del medio ambiente y de su protección, obligará sin duda a que esta evolución continúe. La lucha integrada, o control integrado de plagas, que aprovecha, e «integra» instrumentos procedentes de la tecnología del cultivo y de la lucha biológica, permitirá disminuir la aplicación de pesticidas, pero al mismo tiempo exige a los equipos utilizados una fiabilidad y una eficacia en el trabajo mucho mejores.

Por otra parte la situación actual de la



A medida que aumenta la anchura de tratamiento es más importante el sistema de nivelación de las barras, que deben permanecer paralelas al suelo.

mayor parte de las producciones agrícolas obliga a una reducción drástica de los costes de producción para poder llegar a los mercados con precios competitivos. La correcta utilización de los pesticidas, por medio de las máquinas más adecuadas y con la imprescindible puesta a punto, redonda con toda seguridad en un ahorro considerable de unos productos habitualmente caros.

## Nuevas técnicas

En pruebas realizadas en la Estación Experimental del Ebro, del IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de la Generalitat de Catalunya) para el control integrado de plagas en cítricos, en las que participan 26 fincas y 16 empresas frutícolas, se están obteniendo buenos resultados que pueden concretarse en un ahorro de entre el 40 y 50% en los gastos de tratamientos. Evidentemente ello conlleva la consiguiente reducción del impacto ambiental y una mejora de la calidad de la fruta desde el punto de vista sanitario que tienen también una gran importancia. Parece seguro que en un plazo más o menos largo este sistema (del que son pioneros en estos momentos los fruticultores suizos, alemanes, italianos) se impondrá en prácticamente todos los sectores agrícolas, pero para ello será condición indispensable la utilización de las máquinas más adecuadas a cada momento y a cada

tipo de cultivo y estas máquinas deberán poder regularse y controlarse con toda precisión.

En estos últimos años han aparecido, sin generalizarse, diversos sistemas de aplicación de productos, o de lucha directa alternativa, algunos de los cuales veremos perfeccionarse e imponerse en determinados casos. Podemos hablar, entre otros ejemplos, de los sistemas de aplicación por contacto, mediante mechas o telas humedecidas (para herbicidas), de los sistemas de carga electrostática de las gotas que salen del pulverizador, de los sistemas de recuperación y reciclaje del producto mediante pantallas oportunamente dispuestas (para cultivos en espaldea). También podemos hablar de sistemas en cierto modo alternativos como la remoción física directa mediante aire, soplado o aspirado, de algunos insectos, que siempre que se muestren eficaces tienen la ventaja del ahorro del producto químico y de la menor contaminación.

Pero no cabe duda de que, a corto y a medio plazo, los sistemas tradicionales continuarán teniendo vigencia y que su evolución irá en el sentido de la mejora de su operatividad. Se ha presentado ya algún modelo (HOLDER, en colaboración con un fabricante de pesticidas, BAYER) que dispone de un soporte especial para alojar el, o los, productos a aplicar, en su envase original al que se coloca un tapón

especial con tubo de absorción. El operario sólo tiene que indicar las dosis necesarias en el microordenador (del que disponen ya la mayoría de los equipos de una cierta categoría), y las operaciones de medida y mezcla se realizan automáticamente. El operario no manipula el producto, con lo que se gana en seguridad y en precisión.

En las siguientes líneas se pasa revista a la evolución y últimas tendencias que, en materia de equipos para la protección de cultivos han ido apareciendo en el mercado. Para ello se ha tenido en cuenta aspectos tan importantes como el fenómeno de formación de las gotas, el reparto y la deposición de las mismas en el objetivo, así como la seguridad para el operador y el ambiente.

## El fenómeno de la pulverización

### Pulverización hidráulica

Las boquillas de pulverización hidráulica son, hoy por hoy, un método relativamente simple pero excepcionalmente robusto y eficaz para la aplicación de pesticidas. Desarrollos posteriores llevados a cabo en este sentido, conducentes a incrementar la «eficiencia» del proceso de aplicación no han conseguido todavía desplazar a la pulverización hidráulica como el principal medio para la aplicación de fitosanitarios.

Para el caso de la aplicación de fitosanitarios en cultivos bajos, la necesidad de incrementar los ratios de trabajo, aumentando la velocidad durante la aplicación (facilitado esto por la mejora de la suspensión de las barras) y utilizando volúmenes cada vez más pequeños, hace que el comportamiento de las boquillas hidráulicas sea cada vez más crítico, particularmente por lo que hace referencia al fenómeno de la deriva. Numerosos estudios han demostrado que la cantidad total de producto perdido (deriva) es directamente proporcional a la velocidad de avance e inversamente proporcional al tamaño de las gotas. En este sentido han aparecido últimamente en el mercado nuevos diseños de boquillas hidráulicas capaces de reducir el riesgo de deriva. Son las llamadas boquillas «Lo-Drift» o baja deriva (HARDI, LURMARK, TEEJET) las cuales, gracias a una combinación de las ya conocidas boquillas cónicas y boquillas de abanico, permiten reducir considerablemente la proporción de gotas de diámetro inferior a 100 µm (límite establecido a partir del cual existe riesgo de deriva).

### Pulverización con control de gotas

Conocida comúnmente como el CDA

## ► La aplicación de pesticidas tenderá a la máxima eficacia empleando el mínimo producto posible

(Controlled Droplet Application), esta técnica hace referencia al concepto de control de tamaño y rango de las gotas producidas durante un tratamiento.

El fundamento de esta técnica utilizando volúmenes muy reducidos (ULV) reside en la producción de gotas de un tamaño determinado y a menor volumen de mezcla, en comparación con otras técnicas en las que la población es mucho más irregular y su dispersión más heterogénea.

En un tratamiento convencional, las gotas gruesas quedan retenidas por las hojas superiores de las plantas, no llegando a mojar las inferiores. Por otra parte, al unirse varias gotas gruesas, escurren y caen al suelo dando lugar a pérdidas por resbalamiento y goteo. Por este motivo, cuando se emplean insecticidas de contacto, los insectos protegidos por las hojas superiores sobreviven a la pulverización. Es este un ejemplo claro de que el tamaño de gota es un factor crítico en la técnica de pulve-

rización. Las aplicaciones CDA, entre las que podemos citar la pulverización centrífuga y la pulverización electrostática, hacen posible la formación de una fina niebla que al extenderse en todas direcciones cubre toda la superficie de la planta con innumerables gotas de un tamaño apropiado.

El principio de funcionamiento de una boquilla de difusión centrífuga es el siguiente: el líquido en muy pequeña cantidad, es colocado a baja presión en el centro de uno o varios discos provistos de dientes en su superficie y que giran a gran velocidad. La pulverización se obtiene en los dientes de sierra de estos discos gracias a la fuerza centrífuga que se genera con el giro.

En los primeros diseños, el disco era colocado horizontalmente (paralelo al suelo) lo cual suponía ciertas limitaciones en materia de reparto, penetración y deriva. Posteriores avances en esta técnica dieron como resultado la colocación de los discos en forma vertical (GIROJET de TECNOMA), lo que permitía remediar los inconvenientes antes citados y conservar las cualidades del espectro particularmente interesantes. La posición vertical del disco ofrece además ventajas como el incremento de la calidad de reparto debido a la alimentación central del disco, una capacidad de penetración comparable a la de las boquillas convencionales de abanico plano y una reducción de choques entre las gotas, gracias a la trayectoria directa hacia el objetivo.

Cuando se introdujeron en el mercado las primeras boquillas centrífugas se esperaba una definitiva implantación de las técnicas ULV (Ultra Bajo Volumen). Los primeros resultados, utilizando pulverizadores centrífugos manuales así lo hicieron esperar. Estos resultados fueron especialmente apreciados en agricultura tropical, donde los equi-



**Espectaculares imágenes de la comparación de dos «espectros» de una misma pulverización, con las gotas cargadas, o no, electrostáticamente al salir de la boquilla. Fotografía del sistema EXACT de la empresa inglesa INNOVO LTD.**



pos pequeños, con bajos requerimientos de potencia, facilidad de acceso a zonas difíciles y la capacidad de utilizar volúmenes reducidos de agua tenían un gran interés. Mayores inconvenientes tiene, sin embargo, su utilización con máquinas grandes accionadas por tractor. Los resultados obtenidos en experiencias de campo son cuando menos ambiguos. El estrecho espectro de pulverización que las boquillas centrífugas pueden producir las hace atractivas como medio para reducir los volúmenes de aplicación sin incrementar los riesgos de deriva, aunque su utilización en grandes extensiones no está totalmente implantada.

Por lo que respecta a la utilización de cargas eléctricas, el sistema mayoritariamente utilizado consiste en cargar eléctricamente la población de gotas producida por una boquilla convencional (hidráulica) o centrífuga. Según esto, la carga es inducida mediante la colocación de dos electrodos de elevado potencial, uno a cada lado del abanico formado por la boquilla.

Una vez cargadas las gotas (todas con carga positiva) se produce un efecto de repelencia entre ellas, lo que origina un incremento del abanico de pulverización. Esta repulsión mutua teóricamente mejora la uniformidad de la deposición sobre el cultivo, mientras que las fuerzas de atracción que se generan entre las gotas cargadas y la superficie de cultivo aumentan la penetración de aquéllas.

Entre las ventajas de la utilización de la pulverización electrostática podemos citar la posibilidad de reducir los volúmenes de aplicación, el control del tamaño de gotas, adecuada penetración si se elige adecuadamente el tamaño de gotas y el potencial utilizado, y una importante reducción de la deriva.

Entre los sistemas comercializados de pulverización electrostática adaptados para grandes equipos podemos destacar el EXACT de INNOVO Ltd. Este sistema utiliza dos electrodos colocados muy próximos al chorro de pulverización. Cargados con un relativamente bajo potencial positivo (alrededor de 4,5 kV), estos electrodos inducen una carga de signo opuesto (negativo) en las gotas. Una vez las gotas cargadas negativamente, éstas actúan a su vez como pequeños electrodos induciendo una carga de signo contrario en la superficie que hay a su alrededor (cultivo), creando a



El sistema de pulverización asistida por aire para cultivos bajos, en este caso el HARDI TWIN, que será sin duda uno de los sistemas con mayor futuro.

su vez unas fuerzas de atracción entre cargas opuestas que facilita la penetración y la retención por parte del cultivo. Al ser éste un sistema que trabaja con boquillas de pulverización hidráulica convencionales, el espectro de pulverización es relativamente amplio, con gotas de distintos tamaños, y la atracción que sufre cada gota es directamente proporcional a su tamaño. Las gotas más pequeñas se depositan en las partes altas del cultivo, mientras que las más grandes, con mayor energía cinética, alcanzan las partes inferiores del cultivo.

### Distribución de la pulverización

Una vez generada de forma adecuada la población de gotas, éstas deben ser distribuidas de la mejor manera posible sobre la superficie a tratar, de forma que la mayor parte alcancen el objetivo deseado.

El elemento fundamental para la distribución de fitosanitarios en cultivos bajos es la barra de pulverización, y concretamente todo aquello que hace referencia a su estabilidad (tanto en el plano vertical como horizontal). De dicha estabilidad depende, en gran medida, el éxito de una aplicación.

El problema en los tratamientos de frutales es sensiblemente diferente: mientras que en el caso de los cultivos bajos lo que se busca es un reparto homogéneo en toda la superficie a tratar, aplicando la misma cantidad de producto, en el caso de árboles frutales este reparto del líquido debe realizarse de acuerdo con la geometría

del cultivo, la densidad y la superficie foliar, lo que dificulta la obtención de una distribución adecuada.

Existen actualmente en el mercado diferentes técnicas más o menos novedosas para asegurar estos objetivos, diferenciándose según se trate de equipos para cultivos bajos o equipos para tratamientos de frutales.

### Barras de suspensión activa y pasiva

Es importante para el agricultor el poder realizar las aplicaciones lo más rápido posible. Ello no sólo repercute en los costes de la labor (reduciéndolos) sino que además permite el completar el programa de trabajo dentro del período adecuado, con buenas condiciones meteorológicas, lo que reduce los costes de oportunidad y maximiza el efecto biológico de la materia activa.

La rapidez en la aplicación es debida a dos factores: el incremento de la longitud de las barras (hasta 24 m y en casos excepcionales 36 m) y la utilización de adecuados sistemas de regulación que permiten el trabajar con velocidades de hasta 15 km/h (con condiciones de terreno adecuadas). Pero, cuanto mayor es la longitud de la barra y cuanto más elevada es la velocidad de avance, tanto mayor es el movimiento de aquélla sobre todo en sus extremos, tanto en el plano vertical como horizontal. Una primera solución para incrementar la uniformidad sería el trabajar con alturas de barra superiores, pero de todos es conocido el hecho de que el riesgo de deriva aumenta a medida que se in-

crementa la distancia que deben recorrer las gotas. Por ello, y especialmente pensando en grandes equipos, ha sido necesaria la mejora y perfeccionamiento de los sistemas de suspensión de los brazos.

Recientemente han aparecido sistemas de suspensión «activos», diferenciados de los actualmente existentes (bioletas, trapecio, etc.) basados en sensores que miden directamente la altura sobre el suelo y modifican, en función de la lectura, los sistemas mecánicos de equilibrado. En cualquier caso, el mayor obstáculo para la puesta a punto y comercialización a gran escala de estos sistemas es un factor puramente tecnológico. En efecto, los tiempos de respuesta del sistema de equilibrado desde el instante en que se toma la medida son demasiado elevados. El sistema efectúa entonces las correcciones una vez salvado el obstáculo.

### Utilización de la asistencia de aire

La utilización de una corriente de aire para el transporte y la penetración de las gotas en el interior de la masa vegetal es un hecho constatado prácticamente desde los inicios de aplicación de fitosanitarios en cultivos arbóreos, en los cuales la masa vegetal puede ser muy densa y las gotas son incapaces de penetrar en su interior utilizando la propia energía cinética.

En los últimos años, los departamentos de I+D de distintos fabricantes (HARDI, DANFOIL, DEGANIA) han desarrollado sistemas que podrían denominarse «atomizadores para cultivos bajos», es decir, añadir al pulverizador de barras convencional un sistema generador de una corriente de aire que facilite el transporte y la penetración de las gotas al interior del cultivo.

A pesar de su diferente concepción según fabricante (el sistema HARDI TWIN se basa en una pulverización hidráulica a la que se ha añadido una cortina de aire paralela al chorro de pulverización, mientras que en el caso de DANFOIL se trata de una pulverización neumática en la que la corriente de aire es la encargada de la formación de las gotas, además del propio transporte) los resultados de las experiencias de campo realizadas con estos equipos muestran claras ventajas en aspectos tan importantes como la reducción de las pérdidas por deriva, la mayor penetración



Nuevo sistema ARBOFLUX, de BERTHOUD, que hace llegar un flujo tangencial horizontalmente a la masa vegetal y que permite asimismo incidir especialmente en determinada zona de la vegetación.

y deposición de las gotas, la mayor independencia respecto a las condiciones climáticas y la posibilidad de reducción de los volúmenes de aplicación sin merma de la eficacia.

Por lo que respecta al sector de los frutales, han ido apareciendo diferentes sistemas más o menos innovadores, todos ellos con un objetivo muy claro: incrementar al máximo la calidad de la distribución respetando al mismo tiempo el ambiente.

En este sentido, el tema de la formación e impulsión del caudal de aire sigue siendo el caballo de batalla. Recientemente han aparecido en el mercado mejoras como los nuevos atomizadores TC de HARDI, equipados con guías direccionadoras del caudal de aire a la salida, teniendo en cuenta las diferencias de velocidad de rotación del ventilador, que consiguen una distribución más uniforme y un mejor control de la velocidad y del caudal del aire; el nebulizador especial para cítricos

de MAKATO, primer premio a la Innovación Técnica Frutícola en la pasada edición de la feria de Sant Miquel (Lleida), con hélice superior de altura regulable y desplazamiento hidráulico, consiguiendo el tratamiento a diferentes niveles de altura, o el ARBOFLUX de BERTHOUD, capaz de generar un flujo tangencial que dirige el aire cargado de gotas «horizontalmente» hacia la vegetación, a partir de un ventilador helicoidal, que permite la total penetración en el interior de la masa foliar.

### Conclusiones

Como conclusión a estas reflexiones insistimos en el hecho de que la evolución general de las máquinas para aplicación de pesticidas irá en el sentido de conseguir la máxima eficacia en el tratamiento con el mínimo de producto activo empleado. Para ello deberán ir mejorando los sistemas de aplicación y el control de la misma. Los automatismos aportados por la utilización de sistemas electrónicos e informáticos colaborarán en esta mejora, pero la supervisión final siempre estará en manos del operador, para lo cual precisaremos de personal cada vez más cualificado.

Las máquinas, como en todos los ámbitos, serán más caras por cuanto serán más sofisticadas, pero teniendo en cuenta la mayor calidad de trabajo, y en la mayoría de los casos la mayor capacidad, el coste unitario final de las operaciones, o del conjunto de operaciones realizadas, disminuirá sin duda, contribuyendo a una contención general de los costes de producción agrícola.

### BIBLIOGRAFIA

- AUTHELET, R. 1989. «L'électronique au service de la pulvérisation». *Cultivar* 2000 n.º 247, Février 1989. pp. 114-116.
- GIL, E.; NORDBO, E. 1993. «Laboratory measurements of drift potential with conventional nozzles, low drift nozzles and air assistance». In: *Second International Symposium on Pesticides Application Techniques*. Strasbourg, September 1993; pp. 141-148.
- LEGG, B. J.; MILLER, P.C.H. 1989. «Crop Spraying Developments». *Outlook on Agriculture*. Vol. 18, n.º 1. Pergamon Press. UK.