Maquinaria para la distribución de los fitosanitarios: regulación y control/inspección de los equipos aplicadores

En una aplicación de productos fitosanitarios deben considerarse diferentes factores como: plaga o enfermedad a controlar, momento de aplicación, producto fitosanitario, dosis elegida y condiciones meteorológicas. Estos factores deben ser conocidos y controlados. Pero en último término, la calidad de aplicación dependerá siempre de la máquina de distribución de productos fitosanitarios y del estado de sus componentes (boquillas, manómetro y conducciones, entre otros), es decir de su funcionamiento. Por tanto, deberá realizarse un buen mantenimiento de la máquina, que garantice la seguridad de la persona que la utiliza, elimine los riesgos de contaminación del medio ambiente y asegure un funcionamiento integral de la misma (Gracia, 2004).

F. Gracia Aguilá [1]

Se podrá decir que se ha realizado una correcta aplicación de productos fitosanitarios cuando se haya optimizado la distribución del producto, bien en términos de deposición (cantidad de producto por unidad de superficie) o en términos de recubrimiento (número de impactos por unidad de superficie), adecuando el volumen empleado en función de la vegetación y minimizando las pérdidas. Pero también, se puede decir que una aplicación es correcta cuando se realiza de forma eficaz (combatiendo la infestación de malas hierbas, erradicando una plaga o controlando una determinada enfermedad) y al mismo tiempo de manera eficiente (con el menor coste) (Gil, 2004).

Maquinaria de distribución de fitosanitarios

La técnica de aplicación más utilizada en la maquinaria accionada por tractor de distribución de fitosanitarios líquidos para cultivos extensivos o sobre un suelo desnudo es la pulverización hidráulica con o sin asistencia de aire.

La pulverización hidráulica se caracteriza por conducir el líquido fitosanitario a presión por una conducción hasta las boquillas, cuyo diseño permite transformar la vena líquida del producto fitosanitario en un espectro (población) de gotas que se depositan sobre la vegetación (objetivo). Se deberá determinar las condiciones de trabajo apropiadas en una máquina de aplicación para conseguir una buena uniformidad de distribución.



Foto 1. Aplicación en arroz con un pulverizador hidráulico. Foto CMA



Foto 2. Ensayo de la uniformidad de distribución de una barra de pulverización a diferentes alturas en el Centro de Mecanización Agraria de Lleida. Foto CMA

En la elección de una máquina de aplicación de productos fitosanitarios (MAPF) o pulverizador para cultivos extensivos (**Foto 1**), entre otros factores, está la obtención de una elevada capacidad de trabajo, ello supondrá decidir la velocidad de avance y la anchura de trabajo relacionada con el conjunto de la máquina. Esta anchura vendrá condicionada por las características estructurales de la barra, que han de permitir mantenerla horizontalmente mientras se realiza el tratamiento, para ello se requerirá disponga de una buena estabilidad y presente una estructura robusta. Esta máquina, a su vez puede disponer de asistencia de aire, mediante un ventilador situado en la parte posterior, que suministra aire a una conducción o manga soportada por la estructura de la barra y situada paralelamente a la tubería que lleva el producto fitosanitario. Esta conducción de aire presenta unas aberturas (secciones) equidistantes o canal por donde sale el aire permitiendo aumentar la penetración del líquido en la vegetación y además reduce la deriva significativamente. Si bien tecnológicamente la asistencia de aire en un pulverizador para cultivos extensivos es factible, se debe señalar que presenta la problemática del coste económico y del peso añadido a la máquina (ventilador más la conducción de aire).

En las MAPF nos podemos encontrar, como más utilizados, los sistemas de regulación siguientes:

- Sistema de caudal constante (CC), que asegura un volumen de aplicación uniforme, siempre que la velocidad de avance de la MAPF sea constante. Este sistema consta de una válvula limitadora de presión, que consigue mantener constante la presión del sistema, y en consecuencia el caudal de pulverización.
- Sistemas que modifican el caudal suministrado por las boquillas para ajustarlo a la velocidad de avance del tractor, es decir actúan con independencia de ésta. Estos sistemas son: caudal proporcional al motor (CPM) y caudal proporcional al avance (CPA).

El sistema CPM, también conocido como regulador por retorno calibrado, permite compensar las variaciones de presión provocadas por la modificación del régimen del motor del tractor a causa de las pendientes del terreno y por el cierre de los diferentes sectores de la barra o del arco de distribución. Este sistema da problemas en situaciones de patinaje. Mientras que el sistema CPA permite aplicar el mismo volumen de aplicación independientemente de la velocidad de trabajo (dentro de un rango de velocidades predeterminadas). Es aconsejable en grandes MAPF arrastradas y automotrices. Se recomienda la utilización de mandos eléctricos a distancia desde el lugar de conducción.

Innovaciones tecnológicas

El desarrollo tecnológico de estas máquinas de aplicación de productos fitosanitarios debe estar orientado a la reducción de los riesgos potenciales de contaminación de los tratamientos y al aumento de la eficacia y eficiencia de los mismos.

Entre las diferentes innovaciones tecnológicas desarrolladas por los técnicos de las diferentes empresas fabricantes de componentes y de las MAPF, destacar:

- Sistemas de regulación.

El sistema de regulación por concentración variable de la materia activa, se fundamenta en los dosificadores que modifican la concentración de caldo en función de la velocidad de avance (concentración variable – CoV), que no sólo aseguran la uniformidad de la aplicación sino también la del espectro de gotas (presión constante) y permite mezclar el producto en el diluyente a medida que se realiza la aplicación (Márquez, 2003).



Foto 3. Transferencia tecnológica. Formación a técnicos del cultivo del arroz sobre regulación de pulverizadores hidráulicos. Foto CMA.

- Boquillas.
La progresiva aceptación del código internacional ISO 10625 para las boquillas, de acuerdo a colores normalizados en función del caudal, facilita el reconocimiento y la utilización de las boquillas.
En la actualidad, el procedimiento más asequible para la prevención de la deriva es la utilización de boquillas antideriva, éstas presentan una gran efectividad de reducción de potencial contaminante. Están siendo cada vez más utilizadas. Existen dos diseños: de precámara y de inclusión de aire.
Las boquillas de precámara se caracterizan por la presencia en su interior de una cámara de expansión de la vena líquida, ubicada con anterioridad al orificio de salida y que comporta un incremento en la dimensión de las gotas producidas. En cuanto a las boquillas de inclusión de aire, éstas disponen de dos orificios laterales que conectan el flujo de líquido con el exterior, produciendo un efecto Venturi que da lugar a que las gotas de pulverización contengan minúsculas burbujas de aire.
- Electrónica embarcada: pulverización proporcional a la vegetación.
En los tratamientos dirigidos a cultivos extensivos es necesario y conveniente ajustar la dosis de producto fitosanitario a las características del cultivo. La dosis reflejada en la etiqueta de los productos fitosanitarios, se facilita en relación a la superficie o como concentración de producto en el líquido que se aplica, tomando como base un cultivo medio. Si no se dispone de más información: estado de vegetación, etc., no se podrá ajustar adecuadamente la dosis.
Una de las líneas de investigación que se han desarrollado recientemente hace referencia a la implementación de sistemas electrónicos de pulverización pulsada. Se trata de sistemas de pulverización en los que el caudal emitido por una boquilla se controla mediante la activación intermitente de una válvula de solenoide situada a la entrada de dicha boquilla. De este modo, se puede variar el caudal (variando la pulsación de la electroválvula), pero manteniéndose constante la presión de trabajo. El sistema PULSYSTEM, desarrollado por la empresa Compañía de Agroquímicos, S.A. en colaboración con la Universidad de Lleida, es un dispositivo instalable en máquinas de tratamientos para cultivos bajos que mantiene constante el volumen de aplicación (L/ha), tanto si la máquina se desplaza en línea recta como si describe trayectorias curvas durante la ejecución de giros. Esta característica se consigue mediante el control individualizado del caudal pulsado por cada boquilla, dependiendo de la señal diferencial suministrada por dos sensores de velocidad (encoders) y del volumen (L/ha) consignado en el panel de mando de la máquina (Palacin *et al.*, 2004).



Foto 4. Transferencia tecnológica. Posters explicativos de cómo realizar una calibración y regulación a un pulverizador hidráulico. Foto CMA

Normativa técnica

En el marco del Comité Técnico 144 del Comité Europeo de Normalización (CEN), con la participación de expertos españoles del Comité Técnico de Normalización 68 de la Asociación Española de Normalización (AENOR), se han elaborado un conjunto de normas orientadas a la seguridad de la máquina y del aplicador (UNE-EN 907:1997), a la protección del medio ambiente y disminuir los riesgos potenciales de contaminación (UNE-EN 12761:2002) y posteriormente fundamentada en las dos anteriores se ha redactado la norma UNE-EN 13790:2004, que trata sobre como inspeccionar pulverizadores en uso.

En los últimos años, esta normativa técnica citada está siendo incorporada por los fabricantes en el diseño y construcción de las MAPF, realizando un verdadero esfuerzo de adecuación de sus procesos de producción para el cumplimiento de los requerimientos técnicos solicitados.

Además las MAPF, como máquinas que son, deben cumplir con la Directiva de seguridad de Máquinas (98/37/CE) y de seguridad de las máquinas agrícolas UNE EN 1553:2000.

A nivel europeo, dentro del VI Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente (UE, 2002) se reconoce la necesidad de reducir el impacto de los fitosanitarios sobre la salud humana y el medio ambiente. Para conseguirlo, actualmente se está elaborando una Estrategia Temática Comunitaria para el Uso Sostenible de Fitosanitarios que, sin duda, derivará en directiva para obligar al cumplimiento de las normas UNE-EN antes citadas y otras medidas.

Certificación de características y Ficha Técnica

Desde el grupo de trabajo Equipos y Técnicas de Aplicación, de la Subdirección General de Medios de Producción del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que aglutina a técnicos de las diferentes comunidades autónomas y a profesores de escuelas de agricultura, se está trabajando para proponer actuaciones y documentos que puedan ayudar al desarrollo de un futuro Reglamento derivado de la Ley 43/2002 de Sanidad Vegetal (LSV).

Al objeto de conocer las prestaciones técnicas de las MAPF presentes en el mercado español y garantizar que todas ellas son capaces de realizar aplicaciones de productos fitosanitarios correctas, se debería realizar una certificación de características de dichos equipos. Esta certificación puede realizarse en base a una ficha técnica facilitada por el fabricante de acuerdo a un modelo estandarizado o en base a una comprobación realizada por un centro o estación de ensayo oficial u oficialmente reconocido (art. 47.3 d de la LSV).

Desde 1985, el Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Cataluña, mediante el Centro de Mecanización Agraria (CMA), está realizando certificaciones de características a pulverizadores agrícolas, en Cataluña, a petición de diferentes empresas españolas y europeas, en base a ensayos realizados de acuerdo a las normas técnicas ISO, EN y UNE correspondientes (**Foto 2**). La relación de certificaciones realizadas desde el año 1995, con los requerimientos de la Directiva Máquinas, puede encontrarse en la página web: www.gencat.net/darp/cma.htm. Por otra parte, el CMA es miembro de la Red Europea de Laboratorios de Ensayo de Máquinas Agrícolas (ENTAM) y, en consecuencia, está realizando informes de ensayos ENTAM de las MAPF (ver www.entam.com).

La formación del agricultor y del técnico de campo

El agricultor debe recibir la formación necesaria para conseguir aplicaciones biológicamente eficaces y eficientes, agroalimentariamente seguras y económicamente rentables, y que potencie los aspectos prácticos de las aplicaciones. Debe conocer la importancia, el comportamiento, la finalidad de cada uno de los componentes (manómetro, boquillas, ventilador, filtros,...) de su máquina de aplicación de productos fitosanitarios y, al mismo tiempo, tener conocimiento para decidir qué máquina (equipo de aplicación) adquirir cuando compre una nueva máquina. Para ello, hay que realizar una adecuada transferencia tecnológica al sector agrario, con técnicas que potencien los aspectos prácticos de las aplicaciones (**Fotos 3 y 4**).

También hay que plantear un Plan de formación específico dirigido a los asesores técnicos del campo agrícola en la aplicación de fitosanitarios. Esta formación debería estar enfocada al conocimiento de la máquina y su regulación, a la teoría de la pulverización y a la decisión de los parámetros de aplicación.

¿Qué se entiende por revisión, control/inspección y regulación de una máquina de aplicación de fitosanitarios?

Los conceptos revisión, control/inspección y regulación de las MAPF deben ser explicados a los usuarios de las mismas (aplicadores). Se diferencian en cuál es su razón de ser y en quién participa en cada actuación.

En la revisión se comprueba el funcionamiento de los componentes de la máquina (manómetro, boquillas, sistema de distribución, ventilador, barra de pulverización, etc...), y se verifica el estado de mantenimiento de la máquina: limpieza de las mallas de los filtros, facilidad de apertura y cierre de los mandos, etc. Esta actuación debe ser llevada a cabo por el propio aplicador de la máquina con asesoramiento técnico.

Los términos control e inspección expresan el mismo concepto, se diferencian en que la palabra control es utilizada en la normativa europea de lengua francesa, mientras que la palabra inspección lo es en la anglosajona. Es aconsejable utilizar "inspección" dado que es el término utilizado en toda Europa y al mismo tiempo reconocido por el conjunto de empresas de cadenas alimentarias europeas, que solicitan el certificado de inspección de la MAPF como cumplimiento de la trazabilidad del producto alimentario.

Mediante la inspección se constata visualmente el estado general de la máquina y de cada uno de sus elementos y se realizan medidas (caudal de las boquillas, contrastación del manómetro y lectura de presiones en los extremos de los sectores de pulverización y en el punto de inserción del manómetro) de acuerdo a la norma UNE-EN 13790 de inspección. La inspección es una actuación realizada por la Administración mediante los centros de inspección técnica de los medios de aplicación oficiales u oficialmente reconocidos apropiados (art. 47.3 c de la LSV).

La progresiva implantación de la inspección de las MAPF se ha de entender como una oportunidad para





Foto 5 y 6. Realización de una inspección a un pulverizador para cultivos extensivos. Determinación del equilibrio de presiones. Foto CMA

comprobar que las operaciones de mantenimiento son las adecuadas y es una buena ocasión para diagnosticar el estado de la máquina y explicar cómo realizar un buen mantenimiento y dar consejos para obtener un buen funcionamiento (**Fotos 5 y 6**).

La regulación de una máquina de aplicación de fitosanitarios debe realizarse siempre en campo. La regulación debe ser una actuación previa a la realización de las aplicaciones de fitosanitarios y consiste en determinar el caudal de las boquillas (L/min), la anchura de trabajo (m) y la velocidad de avance (km/h) del conjunto tractor-máquina de tratamientos al objeto de distribuir el volumen de aplicación (L/ha) deseado de manera eficaz. Esta actuación es realizada por el usuario de la máquina conjuntamente con el asesor técnico.

La revisión y la regulación de una máquina de aplicación de fitosanitarios son actuaciones que deben ser consideradas como buenas prácticas fitosanitarias.

Regulación en campo de una máquina de aplicación de productos fitosanitarios

La regulación en campo de una MAPF es el conjunto de parámetros a determinar y operaciones a realizar para asegurar la correcta distribución de una determinada cantidad de producto fitosanitario sobre un cultivo o sobre un suelo desnudo.

Las condiciones ambientales desfavorables durante la aplicación como viento superior a 2 m/s, temperatura elevada (>25ºC), y la humedad relativa baja (<50%) incrementan sensiblemente las pérdidas por deriva y por evaporación.

Los principales factores que influyen sobre la eficiencia de una aplicación para cultivos extensivos son:

- Velocidad de avance, a medida que se incrementa la velocidad de las MAPF, aumenta la proporción de gotas descontroladas, especialmente las de menor diámetro.
- Tamaño de gotas, cuanto más grandes menos sensibles a la deriva. Las gotas pequeñas son fácilmente transportadas por el viento a grandes distancias. A igualdad de presión, las boquillas antideriva dan lugar a gotas más grandes que las de abanico y éstas más grandes que las cónicas. A medida que aumenta la presión disminuye la gota peligrosamente. Aconsejable trabajar con gotas de VMD>100 µm
- Altura de distribución respecto al suelo, debe ser la mínima necesaria para obtener un solapamiento correcto. Si aumentamos la altura es más sensible a las condiciones ambientales, en particular el viento y en consecuencia el riesgo de deriva es mayor. Altura aconsejable entre 400 y 500 mm.

<u>Cómo realizar una regulación de un pulverizador para cultivos extensivos:</u>

1. Comprobación de la velocidad de avance. Fijar una distancia (>50 m). Lectura del tiempo, *t*, en segundos, *s*, transcurrido en recorrer esta distancia.

Determinación de la velocidad: $v\ (km/h) = \frac{d\ (m)}{t\ (s)} \times 3{,}6$

2. Cálculo del caudal teórico de una boquilla, *qb*.

Aplicando la expresión[1]:

$$q_b\ (L/min) = \frac{V_a\ (L/ha) \times v\ (km/h) \times 0{,}50\ (m)}{600}$$

El volumen de aplicación, V_a, es deducido por la experiencia, por el estado vegetativo, el grado de infestación de la enfermedad, ...

3. Elección de la boquilla y de la presión de trabajo. Se acude a las tablas de boquillas y de acuerdo al caudal teorico, q_b, se elige el modelo (color) al mismo tiempo que se fija una presión de trabajo, de acorde a

conseguir un VMD >100µm

4. Comprobación del caudal real, q_r, y del estado de la boquilla (Calibración). A la presión elegida se determina el caudal de cada boquilla instalada en la barra. Comprobando que no se encuentren obstruidas o desgastadas.

5. Cálculo del volumen real de aplicación,

$$V_{ar}\ (L/ha) = \frac{q_r\ (L/min) \times 600}{v\ (km/h) \times 0{,}50\ (m)}$$

6. Regulación de la altura de la barra, comprobación de la equidistancia de las boquillas (0,50 m).

7. Visualización de la pulverización antes de la aplicación. Comprobar que los chorros de pulverización no impactan en las mangueras, que no hay ninguna boquilla obstruida, etc.

8. Aplicación sobre papel hidrosensible (comprobación cualitativa de la pulverización).

Efectos de una mala regulación y aplicación.

- Altura de la barra demasiado baja, se dejarán franjas sin tratar entre chorros.
- Solapamiento deficiente entre pasadas, quedarán franjas de terreno sin tratar. Si el solapamiento es excesivo, podemos tener sobredosificación, podemos quemar las plantas. Casi todos los equipos disponen de marcadores de espuma, pero también podrían equiparse con sistemas de guiado electrónico.
- Dosis excesiva, puede dañar el cultivo.
- La deriva de producto fitosanitario puede originar daños en la parcela vecina.

La definición de deriva recogida en el documento normativo ISO/DIS 22866:2003 es: Cantidad de producto fitosanitario que es transportado fuera de la zona tratada por efecto de las corrientes de aire durante el tratamiento. La disminución de la deriva se puede conseguir utilizando equipos y boquillas diseñados de acuerdo con la normativa de protección ambiental y controlando las condiciones de aplicación.

En estos momentos se está elaborando una normativa, la ISO/CD 22369, que permita establecer procedimientos para establecer la clasificación de los pulverizadores y las boquillas por clases de acuerdo a niveles de reducción de deriva. En Alemania, Suecia y otros países, existe una obligatoriedad de dejar unas bandas de seguridad alrededor de zonas sensibles como: cursos de agua, cultivos, zonas urbanas,...

Conclusiones

- El seguimiento en el cumplimiento de la normativa técnica, tanto en seguridad hacia el aplicador como en protección ambiental de las máquinas de aplicación, desde la fabricación (fichas técnicas) hasta el estado y funcionamiento correcto de los pulverizadores para cultivos extensivos debería ser una máxima.

- La formación de técnicos de campo en el conocimiento de las técnicas de aplicación de los pulverizadores para cultivos extensivos, y que éstos a su vez formen a los aplicadores, es una medida que beneficia a todos.

- Las medidas que se tomen para reducir los riesgos de contaminación por el uso de productos fitosanitarios en el suelo y en las aguas subterráneas, disminuyendo la deriva y realizando aplicaciones más eficaces, permitirán conservar nuestro medio ambiente. ●

Bibliografía

Boto, J. A.; López F. (1999). La aplicación de fitosanitarios y fertilizantes. Universidad de León. pp. 293 ISBN: 84-7719-746-6.

Gil, E. (2004). Importancia de la maquinaria de aplicación en los tratamientos fitosanitarios. La formación como factor clave. Phytoma 162 Octubre 2004 pp. 56-62.

Gracia, F; Escola, A. (2004). Importancia de la maquinaria de aplicación en los tratamientos fitosanitarios. La inspección de las máquinas de tratamientos fitosanitarios. Phytoma 162 Octubre 2004 pp. 46-54.

Márquez, L. (2003). Tratamientos sobre cultivos extensivos. Pulverizadores hidráulicos y sus componentes. VII Curso de especialización: Aplicación de productos fitosanitarios y minimización del impacto ambiental. Lleida. pp.24.

Palacín, J.; Arnó, J.; Zanuy, C.; Solanelles, F. (2004). Installation of an electronic pulse with modulation system on a field crop sprayer. Leuven (Belgium), Book of Abstracts of the AgEng 2004 Conference, pp: 394-395.

Vázquez, J. (2003). Aplicación de productos fitosanitarios. Técnicas y equipos. Ediciones Agrotécnicas. pp 389 ISBN: 84-87480-72-I.

Unión Europea (2002). Decisión nº1600/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002, por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente.

1. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.
Centre de Mecanització Agrària – Rovira Roure, 191 – 25198 Lleida.