

Cómo mejorar la calidad de los tratamientos herbicidas

La puesta a punto del material y el conocimiento de las malas hierbas ayudará a optimizar el rendimiento

En los tratamientos herbicidas, además de la elección del producto y del momento de aplicación, es esencial que la ejecución sea lo más perfecta posible para lograr un buen control de las malas hierbas, con la máxima selectividad del cultivo y la mínima contaminación del medio ambiente. En este trabajo se recuerda brevemente la importancia de vigilar el estado de los pulverizadores y de buscar las condiciones ambientales adecuadas para realizar buenos tratamientos.

● **C. Zaragoza Larios.** Dr. Ing. Agrónomo.
Servicio de Investigación Agroalimentaria.
Diputación General de Aragón.

En una reciente encuesta, realizada a través del Boletín Fitosanitario del Gobierno de Aragón, a la que contestaron 265 agricultores y entidades, se ha podido saber que el 66% de los agricultores consideran que los tratamientos fitosanitarios no se hacen correctamente, un 48% se queja de falta de eficacia de los herbicidas en general y un 20% de la fitotoxicidad ob-

servada en su propio cultivo (Zaragoza et al., 2000). No cabe duda que todavía hay margen para mejorar mucho.

La necesidad del diagnóstico del pulverizador

Aunque en la mayoría de las regiones de España el diagnóstico es voluntario, puede que próximamente se convierta en obligatorio, lo que redundará en beneficio de todos, pues sabemos que el parque de pulverizadores en uso deja mucho que desear.

Una cooperativa francesa que ha realizado controles en 96 aparatos, con una media de antigüedad entre siete y ocho años, ha obtenido los siguientes resultados:

Un 85% tenían defectos en los tubos, filtros y barras.

Un 81% tenían las boquillas gastadas (más del 10%).

Un 32% tenían manómetros defectuosos (con errores mayores de 0,4 bar).

Un 21% tenían las boquillas mal colocadas en cuanto a separación o ángulo.

Sólo un 10% de los aparatos podían pulverizar correctamente. Para ello, a un 37% les bastaba con cambiar las boquillas. Además, un 88% de los pulverizadores presentaban deficiencias en la seguridad para el operario (Moullart, 2000).

Aplicando el conocido refrán de "cuando las barbas de tu vecino..." es esencial realizar un diagnóstico periódico del aparato pulverizador.



El mejor pulverizador y producto fitosanitario pueden fracasar si no se tienen condiciones favorables de aplicación.



Los pulverizadores de mochila son muy empleados en hortofruticultura pero olvidados por la normativa.



A un 37% de los pulverizadores estudiados les bastaba con cambiar las boquillas para pulverizar correctamente.

Se empieza por una inspección visual de los elementos de seguridad: protectores del cardan y de las piezas móviles, la presencia de tubos próximos al operario, etc. Se despliegan las barras del pulverizador para observar los puntos de enganche, las posibles deformaciones debidas a golpes, su paralelismo respecto al suelo, el estado de la suspensión y la equidistancia entre boquillas. Después se observa el estado de las boquillas, el depósito, los tubos, filtros, bomba y manómetro.

Posteriormente se procede a la verificación del aparato en funcionamiento. Se pone en presión de servicio (2-3 bar) para detectar posibles fugas de agua o aceite. La aguja del manómetro debe estar estabilizada. A continuación se mide la presión en las boquillas, no deben marcar más o menos de un 20% de la presión del manómetro del pulverizador. El cierre de secciones de la barra no deben modificar la presión en más de un 10%.

El siguiente paso consiste en medir el caudal de las boquillas, con probeta o vaso graduado, durante un minuto y comprobar que las diferencias no son superiores al 10% del nominal de cada boquilla (Moullart, 2000).



El manómetro ha de ser de baja presión para la aplicación de herbicidas.

dades de presión. Como mínimo, graduados de dos en dos unidades. Rechazar las graduaciones de cinco en cinco. La aplicación de herbicidas ha de hacerse a baja presión. Su rango no debe superar los 30 bar. El regulador de presión debe mantenerla constante a lo largo del tiempo.

Filtrado:

- Ha de ser lo más eficiente posible. Debe incluir, al menos, un filtro en el hidrolenador (de malla más amplia), otro en la boca del depósito, otro (autolimpiable) antes de la bomba y otro antes de cada boquilla (malla

más fina). Han de ser suficientemente finos (de 40-50 mallas para aplicaciones de 200-300 litros por hectárea) y fácilmente desmontables para su limpieza.

Depósito y Bomba:

- Rechazar los depósitos metálicos galvanizados (porque se corroen) y las bombas de engranajes. Ha de poseer sistema de agitación. Preferible si lleva depósito para aclarado de los envases de fitosanitarios aplicados.

Barra:

- Ha de tener estabilidad, no debe oscilar excesivamente al marchar.

- Poseer regulación en altura, fácil de manejar, sin tener que accionar el hidráulico para mantener el cardan lo más recto posible.

- Preferible si lleva marcador de espuma para referencia de las pasadas.

Sistema de regulación del caudal:

Lo ideal es que sea proporcional al avance de la máquina. Como mínimo ha de ser proporcional al régimen de giro del motor.

En relación con los pulverizadores de palanca o mochila que son empleadísimos en el campo y, por su aparente sencillez, suelen ser olvidados en la normativa, nos atrevemos a recordar también algunas características deseables.

Depósito y cierre:

- Ha de ser de material ligero resistente a la corrosión, a la luz y a los golpes. Sin esquinas punzantes o cortantes.

- Debe poderse colocar derecho, para su llenado o limpieza. Cuando esté lleno debe estar bien equilibrado.

- Debe ser fácil de vaciar y tener algún asidero. Preferible si tiene orificio o tubo de drenaje para vaciarlo al terminar la pulverización.

Características que debe reunir un pulverizador

A la hora de adquirir un pulverizador nuevo o un recambio es necesario tener en cuenta las siguientes características:

En primer lugar debe exigirse un manual de instrucciones en el que figuren explicaciones claras, como mínimo sobre los siguientes puntos (Márquez, 1989; Corbera y Zaragoza, 1989):

Boquillas:

- La barra ha de poseer un mismo tipo de boquilla y modelo identificable. Las boquillas de plástico son preferibles a las de latón. De cerámica y acero mejor que de plástico.

- La distancia entre las boquillas ha de ser constante, especialmente en las cónicas.

- Preferible si llevan sistema antigoteo y filtro.

- Es necesario cambiar con frecuencia de boquillas, no son muy caras y son elementos esenciales en el pulverizador.

Manómetro y regulador:

Ha de tener marca identificable. Deben estar graduados en uni-

- Ha de poderse observar el contenido fácilmente.
- La boca debe ser suficientemente grande (mínimo 15 cm diámetro) y provista de filtro-cesta. La tapa debe cerrarse bien (para evitar salpicaduras) y abrirse con facilidad.
- Preferible si tiene cámara de presión.
- Debe adaptarse a la espalda del aplicador. La lanza se debe poder fijar en el depósito, cuando no se usa o se transporta

Palanca y correas:

- La palanca debe poderse colocar y actuar en ambos lados.
- Las correas han de ser de buena calidad; anchas, resistentes, ajustables y cómodas (acolchadas). Un extremo ha de poderse soltar.
- Fácilmente manejable, un hombre solo ha de podérselo colocar fácilmente a la espalda desde el suelo, con el depósito lleno.

Lanza y boquillas:

- La lanza ha de ser suficientemente rígida y el tubo suficientemente largo y bien ajustado.
- La empuñadura de la lanza debe llevar filtro y ser fácilmente desmontable para su limpieza
- La boquillas son cónicas, regulables: adecuadas para tratamientos insecticidas, fungicidas y fertilizantes. De abanico o especulares: adecuadas para herbicidas. Conveniente que lleven filtro.
- Preferible si tiene regulador de presión y manómetro o pueden colocarse.
- Ha de poder colocarse una "campana" para tratamientos herbicidas dirigidos y tener enganche para fijar la posición de pulverización.

Funcionamiento:

- La frecuencia normal de emboladas debe producir un caudal suficiente para poder abastecer a una barra de varias boquillas.
- Debe haber una fricción mínima entre la palanca y la bomba.
- Cuando se detiene la pulverización con el gatillo, la boquilla no debe chorrear ni gotear.

La reducción del volumen de aplicación

El volumen de "caldo" utilizado habitualmente en la aplicación de un herbicida suele estar entre 150 y 300 l/ha en un tratamiento convencional. Sin embargo, cada vez es mayor el interés de reducir los volúmenes de aplicación, por las evidentes ventajas que supone: el menor acarreo de agua con el consiguiente ahorro de energía y de un recurso escaso y alejado en los secanos, la mayor velocidad de tratamiento, con la posibilidad de aumentar la superficie tratada en el momento adecuado, obtener mayor rendimiento del trabajo y menor compactación del suelo. Existen también algunos inconvenientes: el reparto es más difícil por ser necesaria más velocidad, las gotas son más pequeñas con el consiguiente riesgo de deriva y evaporación, algunos productos pueden disminuir su eficacia, y se requiere una mayor tecnología (Zaragoza, 1986).

En la actualidad es posible realizar los tratamientos herbicidas a volú-

menes entre 100 y 50 l/ha, es decir, a bajo volumen. Bajar de los 100 l/ha supone el empleo de boquillas de menor caudal, y aumentar la velocidad de avance, lo que no es posible con cualquier pulverizador. Desde luego, todo depende del nivel de partida. No es lo mismo trabajar a 8 km/h que a 12 km/h. En el primer caso aún hay un margen de aumentar 3-4 km/h.

El aumento de la velocidad de avance presenta numerosos interrogantes, ya que al reducirse el volumen, se tiende a reducir la densidad de impactos, es decir, el número de gotas por superficie, por debajo de niveles reconocidos como eficaces. En teoría, el tamaño de las gotas (su diámetro d , en μ), el volumen de pulverización (Q , en l/ha) y la densidad de los impactos en el suelo o en las plantas (n , número de gotas por cm^2) están relacionados en esta fórmula:

$$n = \frac{60}{\pi} \left(\frac{100}{d} \right)^3 Q$$

Al reducir el volumen tendremos que elegir entre reducir la densidad de impactos o, manteniéndola, reducir el tamaño de gotas, con el peligro de deriva y evaporación.

Por otra parte, a partir de cierta velocidad (15 km/h) empieza a tener importancia la deriva mecánica, inherente a la velocidad del pulverizador. Estas velocidades se obtienen normalmente con los pulverizadores autopropulsados, que están diseñados específicamente (boquillas, suspensión, sistema de circulación e información) para trabajar a alta velocidad y bajo volumen, alcanzando una calidad de pulverización satisfactoria.

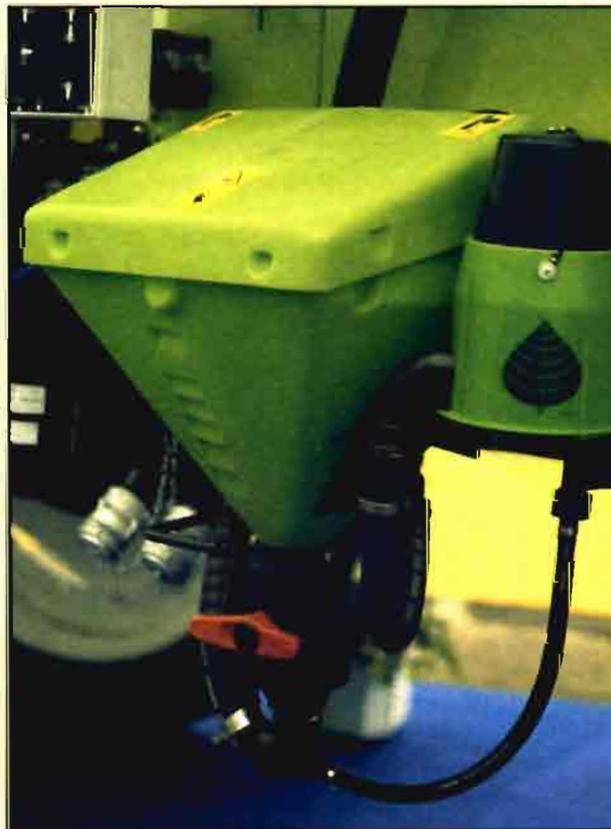
La mejora actual de los pulverizadores y la de los productos fitosanitarios (entre ellas, la reducción de las dosis y las formulaciones nuevas, capaces de formar un caldo muy homogéneo) permiten la reducción del volumen con garantías de éxito. Para aplicar bajos volúmenes a velocidades comprendidas entre 6 y 12 km/h, se necesitan boquillas de pequeño caudal, más susceptibles a obstruirse. Se podría cambiar de boquillas de 110° (de amplitud de chorro pulverizado) a las de 80° , menos sensibles, pero ello supone el tener que subir la barra de pulverización, aumentando el riesgo de la deriva (Lecocq, 1999).

Todo producto fitosanitario que desvía o deriva su trayectoria de aplicación fuera de su objetivo es un contaminante del medio. Para evitar la deriva, además de emplear un material en buenas condiciones y con las buenas prácticas de aplicación, se pueden usar las boquillas antideriva.

Las boquillas antideriva

Entre las boquillas más eficaces para reducir la deriva se encuentran las de chorro cónico lleno o compacto, que producen gotas gruesas a una presión de trabajo de 1-3 bar, adecuadas para herbicidas incorporados al suelo en presembrado o sistémicos en postemergencia. Para evitar las obstrucciones es necesario un buen sistema de filtrado.

Las boquillas de espejo o impacto producen un chorro plano, con gotas muy gruesas a baja presión y sin obstrucciones y están recomendadas



El depósito de aclarado sirve para el triple enjuagado obligatorio de los envases usados de los fitosanitarios.

para la aplicación de herbicidas remanentes en pre- siembra y preemergencia. La nueva versión de este tipo (las Turbo Tjet) con un diseño en codo aumenta el tamaño de las gotas obteniendo muy buena limitación de la deriva a presiones de 1-3 bar. Producen un chorro plano con buena uniformidad a baja altura de la barra. Son adecuadas para todo tipo de tratamientos herbicidas con buena relación calidad-precio.

Las boquillas antideriva (ADI de Albus o DG de Tjet) producen un chorro de abanico plano con gotas gruesas (producidas mediante un preorificio y pastilla calibrada) a una presión mínima de 2 bar. Son polivalentes, adecuadas para la aplicación de herbicidas en pre y postemergencia. Las boquillas de inyección de aire, aplican el efecto Venturi para rellenar las gotas de aire y ampliar así su tamaño. Producen un chorro plano de bordes decrecientes con gotas resistentes a la deriva a una presión mínima de tres bar. También son polivalentes (Spraying Systems, 1999).

El ITCF, Instituto Técnico de Cultivos Extensivos Francés ha realizado ensayos comparativos con diferentes boquillas para comprobar si la producción de gotas gruesas produce una pérdida de eficacia a los herbicidas de acción foliar de contacto, que son muy sensibles a la calidad de la pulverización.

Se ensayaron boquillas de cinco tipos (de abanico clásico, de baja presión, de espejo y de inyección de aire) y dos volúmenes (250 y 80 l/ha). Sólo se observó un ligero descenso de eficacia (contra *Verónica hederifolia*) con las boquillas clásicas en el volumen de 80 l/ha. A pesar de obtenerse diferencias importantes en los tamaños de las gotas, el comportamiento de las boquillas fue similar en la eficacia del herbicida ensayado (diflufenican + ioxinil + bromoxinil). Sin embargo, con las boquillas de abanico (a 10 km/h, 3 bar y 100 l/ha) el 26% del volumen fue pulverizado en gotas menores de 100 μ , es decir, con riesgo de deriva. Con boquillas de baja presión (XRO3 y DG02), de espejo (TT02) y de inyección de aire (TD 015) este volumen se redujo al 10, 7 y 4% respectivamente. Lo que nos indica el interés de este tipo de boquillas para reducir el riesgo de deriva conservando la eficacia (Denoirjean et al., 2000).

Pero no solamente influye el tipo de boquilla. Distintos coadyuvantes y formulaciones de los productos fitosatinarios pueden afectar la mayor o menor susceptibilidad de deriva de los caldos de tratamiento. Por ello es necesario estudiar la interacción formulación-



El marcador de espuma es un dispositivo barato pero muy útil para no solapar las pasadas o dejar zonas sin tratar.



Los pulverizadores autopropulsados están diseñados específicamente para trabajar a alta velocidad.

material de aplicación. Las formulaciones pueden hacer variar los tamaños de las gotas pulverizadas, sobre todo las más finas, fracción que puede reducirse con ciertas formulaciones o con la adición de coadyuvantes específicos (Polveche y Virgile, 2000).

Pero este aumento del diámetro que reduce el efecto de deriva, puede disminuir la densidad de impactos sobre el objetivo. Esto puede disminuir la eficacia de los productos de contacto foliar. Según la fórmula anterior, con gotas de diámetro medio de 200 μ y un volumen de 100 l/ha haremos una cobertura teórica de 239 gotas/cm², con gotas de 400 μ sólo tendremos 30 gotas/cm² con el mismo volumen de aplicación.

Por otra parte, un aumento de las gotas de diámetros superiores a 350 μ puede llevar a una disminución de la retención del pulverizado en las superficies foliares. Aquí interviene también la naturaleza de las hojas (rugosidad, verticalidad, pelos, cutícula, etc.).

La densidad de gotas o nivel de cobertura adecuado depende del tipo de producto a aplicar y del tamaño del objetivo. Según Boto Fidalgo (2000) son suficientes 20-30 gotas/cm² (diámetro 300-400 μ para herbicidas remanentes en preemergencia y entre 30-70 gotas/cm² (de 150-250 μ para herbicidas de acción foliar en postemergencia. Por lo que aún se tiene un margen para reducir el volumen.

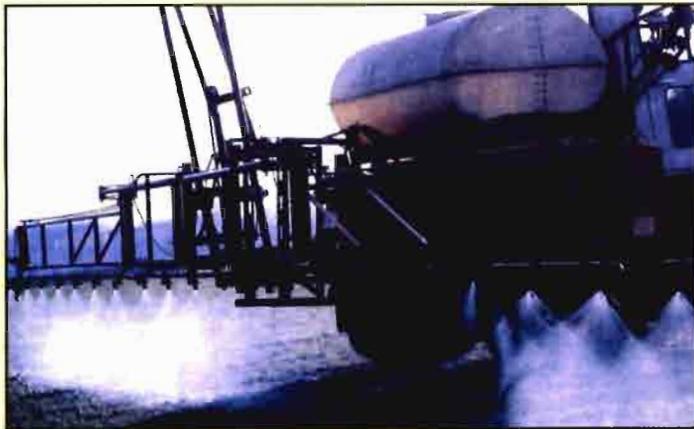
Condiciones de aplicación

Pero el pulverizador y el producto más sofisticados pueden fracasar si no se tienen condiciones favorables de aplicación.

Todo el que haya aplicado herbicidas ha tenido la ocasión de sorprenderse con la variabilidad en la acción de estos productos. Ella es debida a los numerosos factores que influyen en la eficacia y en la selectividad, entre los que destacan:

a) En los herbicidas persistentes o residuales:

Por ejemplo, en la acción de un herbicida remanente, que actúa a través del suelo con acción radicular, influye la humedad de éste, la materia orgánica, el contenido en arcilla, la capacidad de intercambio iónico, el estado de la mala hierba, etc. (Vallin, 1999). En la difícil elección del momento de aplicación es frecuente tener que resolver un dilema: «tratar antes con el suelo en malas condiciones, o aplicar después, con las malas hierbas más desarrolladas».



Subir la barra de pulverización incrementa el riesgo de deriva.



Las boquillas de espejo o impacto producen un porcentaje elevado de gotas gruesas menos susceptibles de deriva.

En el norte de España es frecuente tener que aplicar herbicidas residuales en invierno sobre el suelo helado y seco, esperando que las temperaturas y, sobre todo, la humedad, lleguen para desencadenar la actividad herbicida. Las triazinas, los derivados de la urea, dependen esencialmente de la humedad, en general ausente durante el invierno, en nuestros secanos. A veces, esta humedad llega tarde, en abril, cuando las malas hierbas (P. ej.: *Lolium rigidum*, *Fumaria officinalis*, *Veronica hederifolia*) están demasiado desarrolladas.

En condiciones de continuo tempero, los herbicidas persistentes funcionan muy bien incluso a dosis reducidas. Pero éste no suele ser el caso en el secano semiárido español. Sin embargo, la niebla y los rocíos son una ayuda, no despreciable, para la activación de este tipo de productos. Por eso, muchas veces nos sorprendemos de su actividad en condiciones adversas.

b) En los herbicidas foliares:

En cuanto a la actividad de los herbicidas de acción foliar, de contacto o sistémicos, los factores que más influyen son el viento, la temperatura, la luminosidad, la humedad ambiental (y del suelo), y el estado de la mala hierba.

El viento actúa en primer lugar favoreciendo la deriva. Es necesario abstenerse de tratar con vientos superiores a 10 km/h (5,4 km/h por ley, en el caso de herbicidas hormonales), reduciendo en lo posible la presión al mínimo recomendado para el tipo de boquilla y utilizando, como se ha dicho, boquillas antideriva donde el viento es frecuente.

Teniendo en cuenta que las gotas menores de 100 μ se derivan y las superiores a 350 μ se escurren de las hojas, se deberá buscar aquella boquilla, presión y volumen que nos produzca un diámetro intermedio. Si Matthews recomendaba en 1979 tamaños entre 250 y 500 μ para productos aplicados al suelo y para evitar la deriva, ahora se recomiendan de 200-300 para remanentes y 100-200 para foliares (Vallin, 2000). Por supuesto en base a una reducción del volumen de tratamiento.

La temperatura tiene un efecto importante en la acción de los herbicidas de tipo hormonal y similares. En general, cuando la temperatura aumenta, su eficacia aumenta. Su eficacia es satisfactoria por encima de 20°C (mínimo 10°C) y 60% de humedad relativa. Cuando hay grandes variaciones térmicas (noches de helada y mediodías de 20°C) la fitotoxicidad es frecuente. El glifosato no se ve tan afectado por la temperatura y tampoco los graminicidas, si la humedad relativa es correcta.

Hay que recordar que el viento y las heladas son limitantes importantes en algunas zonas cerealistas para los tratamientos herbicidas. En el valle del Ebro se han calculado una media anual de sólo 20 días meteorológicamente favorables para la aplicación de

herbicidas hormonales, de 31 días para herbicidas remanentes y de 43 días para herbicidas de contacto (Aibar y Zaragoza, 1987). Así, los tratamientos en condiciones adversas son muy frecuentes.

La luminosidad suele estar ligada a la temperatura pero, en muchos casos, es limitadora del efecto. Por ello se recomienda realizar los tratamientos a la puesta del sol, incluso por la noche. Entonces sube la humedad relativa, cae el viento y los herbicidas sistémicos son más eficaces sobre plantas más hidratadas, pudiéndose reducir la dosis con igual eficacia.

Un rocío moderado hidrata la cutícula de las plantas, que se infla, separa las ceras y la hace más permeable a los herbicidas solubles en agua. También redistribuye el pulverizado hacia la base de las hojas, mejorando la eficacia, siempre que no sea excesivo. En tal caso puede favorecer el goteo de los productos de acción foliar fuera de las hojas.

Las plantas con estrés hídrico son más difíciles de controlar con herbicidas por varias razones: a) tienen menor superficie foliar e interceptan menos líquido pulverizado, b) la cutícula es menos permeable al agua y a los herbicidas, c) los estomas se cierran, lo que reduce los movimientos de los herbicidas en la planta (Gauvrit, 1997).

Por todo ello, el estado de las malas hierbas es decisivo en la elección del momento de aplicación. En las plantas más desarrolladas la cantidad del herbicida que penetra por unidad de biomasa es menor. La superficie foliar en una plántula es muy mojable y permeable. Posteriormente la mojabilidad y permeabilidad disminuyen.

Las ceras de las gramíneas abundan menos en la base de las hojas y la permeabilidad de los herbicidas es mayor. En algunas dicotiledóneas las hojas superiores protegen de la pulverización a las inferiores. Algunos herbicidas se desplazan con la savia bruta (agua y elementos minerales), como las triazinas y ureas, otros se mueven en la savia elaborada (azúcares y productos de la fotosíntesis), como los hormonales y graminicidas, y otros en las dos, como el aminotriazol y el glifosato.

En una planta perenne adulta el flujo de savia elaborada se dirige en primavera hacia los órganos aéreos y posteriormente, en verano y otoño, hacia los subterráneos. El momento de inversión de este flujo suele ser poco antes de la floración. El conocimiento de la fenología nos permitirá mejorar la oportunidad de los tratamientos, en este caso, con los herbicidas sistémicos, para alcanzar mayor eficacia con menor dosis.

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores.