

TECNOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo
Universidad Politécnica
Madrid (España)

1.- INTRODUCCIÓN

El control de las plagas en los campos de cultivo, solo puede hacerse de manera rentable con el empleo de productos fitosanitarios, pero esto debe conseguirse de manera compatible con el ambiente, dentro de lo que se conoce como lucha integrada. La mayoría de las veces se da mucha importancia a la materia activa utilizada y muy poca a la técnica de aplicación. La consecuencia es la pérdida de la eficacia cuando no el fracaso del tratamiento, con sobredosificaciones y subdosificaciones que ponen en peligro el propio concepto de lucha integrada y que ocasionan pérdidas de rentabilidad en los cultivos, a la vez que producen un mayor impacto sobre el ambiente, pudiendo dañar la salud de las personas que realizan la aplicación o que se encuentran en las proximidades de la zona tratada.

Cualquier técnica recomendada para una determinada aplicación debe conseguir, a partir de una materia activa capaz de controlar la plaga y utilizando una dosis mínima, distribuir el fitosanitario de manera que se logre la máxima eficacia, en un intervalo de tiempo que minimice económicamente los daños que la plaga puede producir, pero sin efectos negativos sobre los demás componentes del agrosistema ni sobre los individuos que lo habitan

Esto significa, en diferentes circunstancias, una distribución en la que se mantenga un reparto "uniforme" en la zona de tratamiento, cubriendo suficientemente toda la superficie con la materia activa mas apropiada para la plaga considerada.

Además, se deberá evitar cualquier sobredosificación, incluso fuera de los límites de la parcela y las pérdidas por deriva que pueden aparecer como consecuencia del viento y de la evaporación del diluyente.

La mayoría de los productos que se recomiendan para el control de las plagas y enfermedades que aparecen en los cultivos se han creado y formulado para poderlos aplicar por vía líquida, mediante lo que se conoce como pulverización, después de diluidos en cierta cantidad de agua (o en aceite), de manera que la distribución pueda hacerse con suficiente uniformidad.

La pulverización se consigue al romper el gotas el líquido, bien cuando llega a la atmósfera a través de una boquilla forzado por la presión a la que se somete en las conducciones (pulverización hidráulica), bien se coloca sobre una corriente de aire de alta velocidad (pulverización neumática), bien por las fuerzas de reacción generadas por un elemento en rotación (pulverización centrífuga). En otras ocasiones se puede utilizar calor asociado a una corriente de gases que evapora el producto el cual se condensa posteriormente al llegar a una atmósfera mas fría y húmeda, o bien un campo magnético asociado a un orificio capilar que da lugar a gotas muy finas cargadas eléctricamente.

Uniendo el proceso de formación de la gota a la técnica utilizada para transportarla hasta el objetivo (energía cinética de la propia gota, corriente de aire natural o generada por un ventilador, o el propio campo magnético que sirvió para producirla) se puede establecer una clasificación racional de los equipos de pulverización, sobre la base del siguiente esquema general:

Formación de la gota	Transporte de la gota	Denominación
Presión de líquido	Energía cinética	Pulverizador hidráulico
	Corriente de aire	Pulverizador hidroneumático

Corriente de aire	Corriente de aire	Pulverizador neumático
Fuerza centrífuga	Viento atmosférico	Pulverizador centrífugo
	Corriente de aire	
Gases de escape	Condensación	Termonebulización
Campo electromagnético	Campo electromagnético	Pulverizador electrodinámico

- Los pulverizadores hidráulicos

Erro! Indicador não definido.

La pulverización se realiza por presión del líquido, impulsado por una bomba, normalmente accionada mecánicamente o con esfuerzo manual. El paso del líquido a través de la boquilla de pulverización produce gotas de diámetros diferentes según la presión de trabajo y el tipo de boquilla que se quiera utilizar; a esto deben su versatilidad. Se ajustan a todo tipo de tratamiento y son, sin duda y con diferencia, los más numerosos, tanto en lo que respecta a los accionados mecánicamente como para su manejo manual.

Su característica fundamental es la uniformidad en la distribución de las gotas sobre la superficie que se quiera tratar. Los nuevos sistemas de regulación con aporte de caudal proporcional al avance para los equipos motorizados, permiten, con boquillas adecuadas, reducir el volumen de aplicación a menos de 150 litros/ha. Utilizando sencillos reguladores de presión permiten aplicaciones aceptables en equipos de accionamiento manual.

Como las gotas se transportan por la propia energía que reciben cuando se forman en la boquilla, las limitaciones de empleo aparecen cuando se tiene que penetrar una gran masa vegetal. El empleo de boquillas cónicas mejora la penetración pero no alcanza los niveles que se pueden conseguir utilizando el auxilio de una corriente de aire.

En equipos motorizados, unas barras portaboquillas suficientemente estabilizadas para limitar las sacudidas, dan una garantía de que las gotas que producen las boquillas alcancen el campo de uniformidad.

Son, sin duda, las máquinas más adecuadas para la aplicación de herbicidas, así como para los tratamientos sobre cultivos herbáceos o leñosos con poco desarrollo foliar, o para la distribución de abonos líquidos.

- Los pulverizadores hidroneumáticos

Erro! Indicador não definido.

En este grupo se encuentran los también conocidos como atomizadores (gota fina como la de una llovizna), que producen gotas por presión de líquido, utilizando un circuito con bomba y conducciones análogo al de los pulverizadores hidráulicos.

Para el transporte de gotas hasta el vegetal se utiliza una corriente de aire que produce un ventilador de flujo axial (gran caudal de aire a baja velocidad), que aumenta la penetración en plantaciones con gran densidad foliar.

La uniformidad de distribución resulta perjudicada con el sistema de transporte por aire, pero las gotas alcanzan con facilidad el interior de la masa vegetal. Son los más utilizados en plantaciones frutales y precisan volúmenes mas o menos elevados en función del desarrollo de la plantación, o mejor dicho, de lo que se conoce como "*índice de área foliar*".

- Los pulverizadores neumáticos

Erro! Indicador não definido.

También conocidos como nebulizadores, son capaces de producir gota muy fina, similar a la de la niebla, al entrar en contacto el líquido con una corriente de aire de alta velocidad, que se encarga asimismo de transportar las gotas hasta el vegetal.

El circuito de líquido es diferente del de los grupos anteriores, pudiendo el propio peso del líquido (salida por gravedad) o una pequeña bomba de muy baja presión, encargarse de hacer llegar el líquido hasta la boquilla.

El aire a gran velocidad, pero en cantidad reducida, lo produce un ventilador de flujo radial, que consume elevada potencia. La energía para el accionamiento del ventilador la proporciona un motor térmico que puede incorporarse al propio equipo, lo que hace posible su manejo manual, aunque esto signifique un gran esfuerzo para la persona que lo lleva.

El campo de aplicación de estas máquinas es el tratamiento localizado en zonas de difícil penetración (por ejemplo el racimo de la vid) o en aplicaciones de largo alcance en zonas tránsito limitado, siempre con volúmenes de caldo reducidos del orden de 50 a 200 L/ha.

- Los pulverizadores centrífugos

Erro! Indicador não definido.

En ellos la pulverización se produce utilizando la fuerza centrífuga generada por uno o varios discos, tambores o cepillos que giran a alta velocidad. Las características de algunos de los elementos giratorios hacen posible la alimentación de los motores que las accionan con la energía eléctrica procedente de un conjunto de baterías de poco peso que se incorporan al propio equipo.

Las gotas producidas resultan de un tamaño extraordinariamente uniforme, adecuadas para los tratamientos en "*bajo*" (LV o BV) y "*ultra bajo*" (ULV o UBV) volumen (1 a 50 L/ha), también conocidos como de Población de Gota Controlada (PGC o CDA). Con la utilización de gota muy fina se logra una buena cobertura con bajos volúmenes de caldo, aunque siempre existe mayor dificultad para controlar y dirigir este tipo de gotas pequeñas en condiciones atmosféricas no del todo favorable.

Este método de trabajo, que tuvo su origen en la "*Aviación Agrícola*" y en equipos manuales, para zonas con dificultades para el aprovisionamiento de agua, se ha ampliado al campo de los equipos terrestres motorizados, a medida que se han desarrollado los productos químicos adecuados para esta forma de aplicación.

- Los pulverizadores termoneumáticos

Pueden considerarse como una variante de los pulverizadores neumáticos, ya que utilizan una corriente de aire de alta velocidad (15 a 20 m/s), que generada por el escape de un motor térmico, por lo que, además, el aire que realiza la pulverización a alta temperatura aporta una cantidad de calor que hace que se vaporice el producto líquido que alcanza la salida.

El líquido evaporado en el escape se condensa de nuevo a la salida, al ponerse en contacto con el aire atmosférico, produciéndose una nube de gotas muy finas, por lo que se denomina pulverización por condensación.

Esta técnica, por las características de la gota producida, solo puede utilizarse en recintos cerrados como almacenes e invernaderos, o bien para formar nubes ascendentes en condiciones climáticas de elevada humedad ambiental.

- Los pulverizadores electrodinámicos

Erro! Indicador não definido.

Utilizan para la pulverización el campo magnético generado por dos electrodos con elevada diferencia de tensión (20 - 25 kV) que obliga al producto a atravesar un tubo capilar para llegar hasta la atmósfera en forma de gotas muy finas que continúan siendo dirigidas en la atmósfera por las líneas del campo magnético que se establece entre el cuerpo del equipo y la planta que recibe la pulverización.

Los productos que pueden pulverizarse según esta técnica requieren una características difíciles de conseguir, por lo que, por el momento, su utilización se limita a algunos piretroides de síntesis especialmente desarrollado para el control de las plagas en el algodón.

Las gotas formadas se mueven a alta velocidad en el campo magnético, por lo cual su deriva es mínima, pudiéndose realizar aplicaciones en volúmenes inferiores a 1 L/ha.

En otras ocasiones se han desarrollado equipos que producen la carga eléctrica de las gotas una vez formada por un procedimiento convencional (pulverización hidráulica, neumática y centrífuga). Por el momento no se ha establecido un grupo específico para conjunto de equipos y se consideran en el correspondiente a la técnica de pulverización que utilizan.

- Otros sistemas de aplicación

Hay otras alternativas, aunque con un grado de implantación menor. Así, están los humectadores, que distribuyen productos en forma líquida sin provocar su pulverización. Han sido desarrollados especialmente para la aplicación de herbicidas no selectivos en postemergencia, y realizan la impregnación de las plantas no deseadas mediante cepillos o elementos similares, de manera que sirven para aplicar formulaciones líquidas sin que sea necesaria su pulverización.

Por otra parte, los espolvoreadores utilizan la corriente de aire generada por un ventilador para impulsar a la atmósfera un producto fitosanitario en forma pulverulenta, que se dirige a determinadas zonas del cultivo, o sirven para formar nubes que se mantienen en la zona de tratamiento en condiciones atmosféricas favorables. Han perdido importancia en los últimos tiempos por la mejoras de todo tipo aparecidas en el campo de la pulverización, aunque siguen teniendo interés para combatir algunas plagas forestales y en aplicaciones especializadas sobre cultivos como el viñedo.

Los aplicadores de microgranulados sirven para distribuir fitosanitarios formados por partículas sólidas con tamaños comprendidos entre los 150 y 600 μm obtenidos por impregnación o rebozado de gránulo de materia inerte que absorbe la materia activa. Normalmente se incorporan al suelo durante la siembra, para proteger a la semilla, o de manera independiente, en toda la superficie o en bandas. Una particularidad de estos equipos es la precisión del sistema dosificador sin que produzca rotura del gránulo.

Se puede decir, por tanto, que la oferta de equipos mecánicos para la aplicación de fitosanitarios es abundante y diversificada, de manera que se puede elegir la más apropiada a cada situación particular, como también sucede con los propios productos fitosanitarios. Sin embargo, no es necesario disponer de un parque de máquinas muy abundante para controlar las plagas de los cultivos en una determinada situación. La mayoría de las veces los equipos se adaptan mediante regulación a las diferentes circunstancias, pero esto exige una adecuada capacitación profesional del operador y del técnico que lo asesora.

LAS GOTAS: PUNTO CLAVE EN CUALQUIER APLICACIÓN

La cobertura necesaria

La materia activa que controla la planta se debe encontrar en todas las gotas resultantes de la pulverización del líquido utilizado. Estas gotas deberán localizarse en las zonas del cultivo en las que hacen efecto y en cantidad suficiente, lo que depende del tipo de producto que se aplica.

Las materias activas se pueden agrupar por familias según su forma de actuación. El conocimiento de algunos de los aspectos más significativos de su comportamiento sobre la planta, o en relación con el parásito que se desea combatir, resulta útil para actuar en el momento de la aplicación.

Así, los herbicidas pueden ser de acción radicular o de acción foliar. Los primeros llegan a la planta desde el suelo, mientras que los segundos son absorbidos por los tallos y las hojas.

Dentro de los que actúan desde el suelo se pueden establecer dos grupos: los que impiden la germinación de las semillas de las malas hierbas y los que son absorbidos por las raíces de las plantas ya nacidas. En uno y en otro caso la aplicación debe de ir dirigida al suelo y se aconseja utilizar gota relativamente gruesa para que sea absorbido por éste.

Los que llegan a la planta por el follaje pueden actuar como sistémicos, que son absorbidos por la planta y se desplazan hasta destruirla por su sistema de vasos circulatorios, o por contacto, para lo que es muy importante la cobertura de las zonas en crecimiento. Para los primeros se recomienda generalmente gotas gruesas, ya que el factor clave que marca su eficacia es la dosis de materia activa recibida por la planta, mientras que en los de acción por contacto interesa la gota fina para lograr una buena cobertura superficial.

Los fungicidas pueden actuar como sistémicos, si son absorbidos por la planta para establecer la barrera de protección, o por contacto, que deben de cubrir la superficie atacada con buena cobertura, lo que exige el empleo de gota muy fina. Con independencia de la forma de moverse en la planta también se puede distinguir los fungicidas con efecto preventivo, que debe de aplicarse antes de que se difunda del parásito, de los fungicidas de efecto curativo, que llega a actuar una vez infectada la planta.

Los insecticidas actúan directamente sobre el parásito, o indirectamente si resulta absorbido por la planta que actúa de intermediario. En los insectos la acción del producto ocasiona una alteración del sistema nervioso que produce su muerte, alcanzando al insecto por contacto directo (penetración a través de la cutícula), ingestión, cuando le llega por la vía bucal, o inhalación, cuando lo hace por vía respiratoria. Normalmente las tres vías de llegada actúan de manera conjunta, aunque una de ellas pueda ser la predominante. La pulverización debe de dirigirse a la zona por la que se mueva el insecto, teniendo en cuenta su movilidad. Normalmente se utilizan gotas o partículas de tamaño medio, capaz de proporcionar la dosis letal al parásito, sin que sea necesaria una cobertura muy intensa, ya que el insecto tiene una cierta movilidad que favorece su contaminación.

Sobre esta base las recomendaciones de ámbito general sobre tamaño de gotas más adecuado y cobertura necesaria, se puede resumir como sigue:

Producto	Cobertura (gotas/cm²)	Tamaño de gota (µm)
Herbicida		
Preemergencia	20 - 30	300 - 400
Plantula	30 - 40	150 - 250
Planta (contacto)	50 - 70	150 - 250
Planta (sistémico)	30 - 40	150 - 250
Producto		
Insecticida		
Contacto	40 - 50	100 - 200
Sistémico	20 - 30	200 - 300
Fungicida		
Contacto	50 - 70	100 - 200
Sistémico	30 - 40	200 - 300

Con estas referencias y conociendo el Índice de Área Foliar (LAI) del cultivo, o de la superficie en la que se mueve la plaga que se desea combatir, quedaría definido el volumen de caldo que se debe de aplicar.

Caracterización de las poblaciones de gotas

Sin embargo, el principal inconveniente es una consecuencia de la falta de uniformidad de las gotas pulverizadas, cualquiera que sea la técnica que se utilice. También hay que contar con el efecto de las condiciones atmosféricas (principalmente temperatura ambiente y humedad relativa) sobre la evaporación de las gotas, que en condiciones desfavorables desaparecerían antes de llegar a su objetivo, perdiendo totalmente su eficacia.

Cualquiera que sea la técnica utilizada para romper un líquido en gotas, la población de gotas resultante tiene unas particularidades que la diferencian de lo que conocemos como distribución "normal". En una población de personas las habrá altas y bajas, pero el mayor número corresponderá a personas de tipo medio; esto es lo que se denomina distribución normal.

En las gotas de una población predominan las gotas pequeñas frente a las grandes, pero la suma del líquido que se llevan las gotas pequeñas es mucho menor que el que contienen muy pocas gotas grandes, y esto afecta substancialmente a los tratamientos.

Cada técnica de pulverización utilizada permite conseguir una población de gotas en un intervalo de diámetros mayor o menor. Esta característica la hace particularmente adecuada para determinados tipos de tratamientos.

Para estudiar poblaciones de individuos se recurre a parámetros que caracterizan. Así, están la media, la varianza, la moda, la mediana, etc. En las poblaciones de gotas se pueden utilizar diferentes valores medios: el diámetro medio aritmética de todas las gotas de la población (d_M), el volumen medio de las gotas formadas y el diámetro correspondiente a esta gota de volumen medio (d_V)

A partir del conocimiento del diámetro de la gota de volumen medio se puede calcular el número de gotas por litro de producto pulverizado utilizando la expresión matemática:

$$n = \frac{1.9 \times 10^{15}}{d_V^3}$$

lo cual hace posible calcular el volumen de caldo necesario para una determinada aplicación, aunque deberá de corregirse en función del grado de uniformidad de la población de gotas considerada.

Sin embargo, ninguno de estos parámetros estadísticos sirve para caracterizar correctamente las poblaciones de gotas y esto ha obligado a buscar alternativas, como el diámetro medio volumen/superficie ($d_{V/S}$)¹, que es el diámetro de la esfera que tiene igual relación entre su volumen y la superficie que cubre el vegetal (puede considerarse la de su círculo máximo) que el conjunto de la población de gotas formadas. El 90 por 100 de las gotas tienen menor diámetro que el de esta gota tipo y contienen algo más del 35 por 100 del líquido pulverizado.

Utilizando este parámetro estadístico se puede calcular la superficie cubierta por litro de producto:

$$S \text{ (en m}^2\text{)} = \frac{1500}{d_{V/S} \text{ (expresado en } \mu\text{m)}}$$

¹ La suma de los volúmenes de las gotas será: $\sum \pi d_i^3 / 6$; la suma de las superficies cubiertas según un círculo máximo será $\sum \pi d_i^2 / 4$. Dividiendo se obtiene la relación volumen/superficie.

Utilizando este diámetro medio volumen/superficie ($d_{v/s}$) y los diámetros de las gotas mayor y menor producidas, se puede caracterizar una población y, con ella, el equipo recomendable según los objetivos del tratamiento programado.

Una pulverización será más homogénea cuanto más próximos estén los valores d_m , d_v y $d_{v/s}$; y esto es lo que se pretenderá siempre que se desea llegar a bajas dosis de producto por hectárea.

Actualmente se ha generalizado el empleo de los denominados NMD y VMD, para la caracterización de las poblaciones de gotas obtenidas por pulverización, en alternativa los indicados valores de d_m , d_v y $d_{v/s}$.

El diámetro de la mediana volumétrica corresponde al de la gota que separa la población en dos mitades con iguales cantidades de líquido, de las cuales, las de mayor tamaño, son muchas menos en número. El diámetro de la mediana numérica es el de la gota que separa la población en dos mitades numéricamente iguales, aunque con volúmenes de líquido muy diferentes.

La mediana volumétrica es la que ahora utilizan los fabricantes de boquillas para informar sobre un determinado espectro de pulverización indicando el procedimiento que se ha utilizado para su determinación (medidas indirectas mediante láser).

La relación entre los diámetros VMD/NMD, que se denomina "SPAN", permite evaluar la homogeneidad de la población, de manera que cuanto mas se aproxima a 1 la población es mas homogénea.

Esta caracterización suele ir unida a la indicación del porcentaje de líquido que sale pulverizado en gotas de menos de 100 y de 200 μm , que son las mas expuestas a la deriva.

La relación entre el diámetro correspondiente a la mediana en volumen (VMD), que es aproximadamente 1.2 veces el diámetro medio volumen/superficie ($d_{v/s}$), y el diámetro correspondiente a la mediana en número de las gotas (NMD), puede utilizarse también para caracterizar la uniformidad de distribución.

Un sistema de pulverización que consiga mayor igualdad entre las gotas evitará que muy pocas gotas grandes se lleven la mayor cantidad del producto. De aquí que la formación de poblaciones de gotas de diámetro controlado sea la característica fundamental para poder trabajar con muy bajos volúmenes de líquido por hectárea.

LAS BOQUILLAS: BASE DE LA PULVERIZACIÓN HIDRAULICA

La base de la pulverización la constituyen las boquillas. Sin unas boquillas apropiadas ni el mejor de los equipos da resultados satisfactorios. Esto se aplica tanto a los equipos de pulverización hidráulica para cultivos bajos, en los que la energía cinética de las gotas que salen de la boquilla es la que sirve para asegurar una distribución superficial característica, como en los equipos de pulverización hidroneumática, en los que la boquilla solo sitúa un chorro de gotas que se encarga de distribuir una corriente de aire generada por un ventilador.

Además, cada tratamiento exige el tipo de boquilla que mejor se adapte a sus particularidades, especialmente en lo que se refiere a: zona de distribución, volumen de aplicación y tamaño de gotas. Aunque esto puede conseguirse en cierto modo, en lo que respecta al volumen de aplicación y al tamaño de las gotas, con la modificación de la presión de trabajo de la boquilla, utilizando la boquilla mas adecuada se consiguen ventajas importantes por la mejoras que ello conlleva para la eficacia del tratamiento.

Tipos de boquillas

El diseño de las boquillas modifica substancialmente las gotas producidas, tanto en cuanto a su diámetro como en la forma del chorro que se proyecta. Se comercializan cuatro tipos fundamentales:

a) De turbulencia o cónicas (cono hueco y cono lleno)

Erro! Indicador não definido.

Estas boquillas dividen el líquido al convertir su energía potencial bajo presión en velocidad, por variaciones bruscas de sección y de dirección. Este movimiento, en forma de torbellino, lo provoca una cámara helicoidal o una hélice giratoria y un orificio calibrado en la placa de salida a la atmósfera. El propio movimiento helicoidal que toma el líquido en la boquilla se mantiene en el chorro de pulverización, dando lugar a un chorro cónico de gotas, más gruesas y con más cantidad de líquido en el exterior, y muy pocas y mucho más finas en el interior (cono hueco). En las cono lleno, en la parte interior del chorro se mantiene una pulverización abundante

El aumento de presión de la presión de trabajo modifica poco su caudal, pero aumenta la finura de pulverización. La finura de la población de gotas formada, en comparación con otros tipos de boquillas, hace que sean recomendadas cuando se busca fuerte penetración y cubierta densa sobre el vegetal.

b) De hendidura, abanico o chorro plano

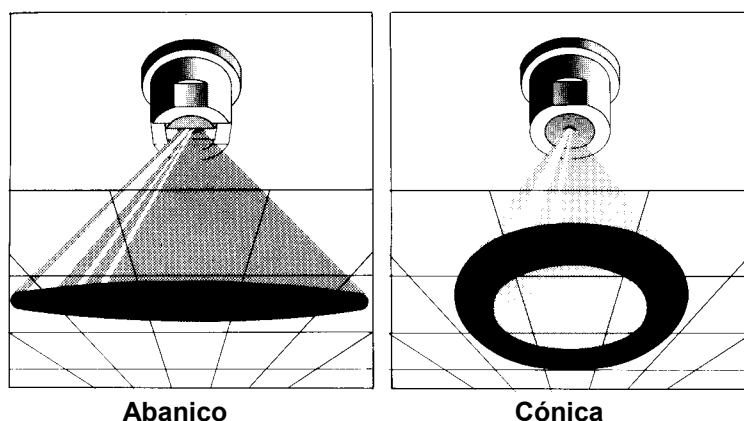
Erro! Indicador não definido.

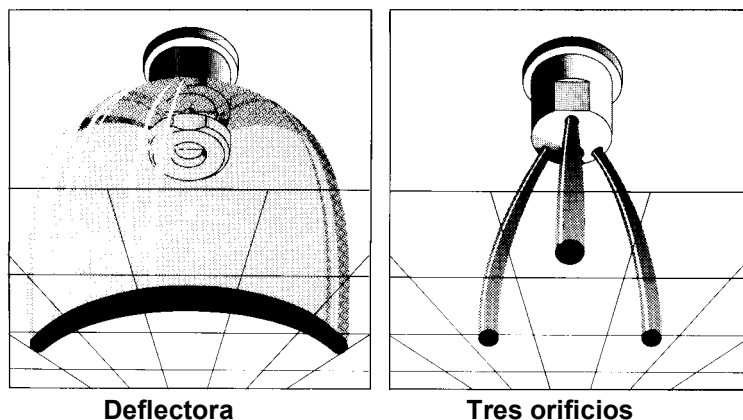
En ellas el orificio de salida no es circular, sino alargado en forma de hendidura. La pulverización se consigue por el choque de dos láminas líquidas convergentes en las proximidades de la hendidura. El chorro de pulverización es un chorro cónico muy aplastado, con forma de pincel y ángulo entre 60° y 120° , con gotas más gruesas en los extremos del abanico. El aumento de la presión entre 1 y 4 bar incrementa sensiblemente su caudal, el ángulo de abertura del chorro y su aplastamiento, pero modifica poco la finura de pulverización.

Proporcionan generalmente gotas de tipo medio, con presiones entre 2 y 4 bar. El perfil superficial de distribución de líquido es generalmente triangular, por lo que para conseguir una cobertura uniforme se recomienda el solapamiento de los chorros. También se comercializan boquillas de abanico con perfil de distribución uniforme, especialmente diseñadas para trabajar separadas en aplicaciones en bandas. Algunos fabricantes ofrecen boquillas de doble salida, lo que da lugar a dos chorros planos idénticos.

Por solapamiento de chorros de boquillas contiguas, en las condiciones anteriormente señaladas se pueden conseguir una alta uniformidad de distribución, pero deben estar montados de manera que los chorros de boquillas contiguas no choquen, para lo que se les da una ligera inclinación respecto al plano transversal en que están situadas.

Tipos de boquillas (Doc. Albuz)





c) Deflectoras, de choque o de espejo

Erro! Indicador não definido.

Frente a la salida calibrada se presenta una superficie pulida e inclinada respecto a chorro (espejo) que provoca el estallido del mismo y su pulverización según un chorro plano de gran ángulo de abertura. Dan gotas gruesas de baja deriva y tradicionalmente se han venido aconsejando para tratamientos sobre suelo desnudo con abonos líquidos, o para herbicidas de acción sistémica en bajo volumen de agua. Con el mismo concepto de la pulverización por choque, recientemente han aparecido en el mercado unas boquillas de baja deriva, especialmente diseñadas para sustituir a las de abanico en la aplicación de todo tipo de herbicidas.

Las boquillas deflectoras tienen una gran resistencia a la abrasión, pero es muy importante dejar de utilizarlas cuando se desgastan, ya que entonces la pulverización es mediocre y el reparto irregular. En las de diseño convencional, se trabaja generalmente a baja presión, pero los caudales nominales suelen ser altos

d) De tres orificios, o chorros múltiples

Erro! Indicador não definido.

Está constituida por una placa perforada con un orificio calibrado, sobre el que se coloca un cuerpo de plástico con tres o más perforaciones sobre una circunferencia que tiene su centro en línea con el orificio de la placa.

Salen tres chorros idénticos con una sucesión de gotas gruesas (0,5 a 2 mm) y cuyo impacto sobre el suelo produce una distribución aceptable para distribución de abonos líquidos. Las presiones de trabajo están entre 1 y 3 bar sin riesgo de obstrucción, incluso con productos densos. No son apropiadas para la aplicación de productos fitosanitarios

Perfiles de distribución

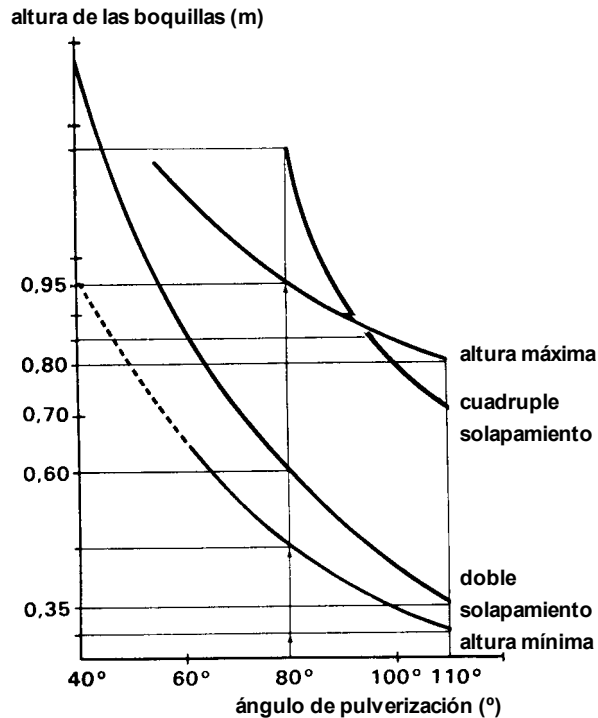
Las diferencias más significativas entre estos tipos de boquillas, desde el punto de vista de su utilización, son sus perfiles de distribución volumétrica.

Las boquillas de abanico plano dan generalmente un perfil de distribución trapezoidal o triangular; las cónicas (cono hueco) dan una distribución irregular, con un mínimo en la zona central y dos máximos en los extremos; las deflectoras dan una distribución bastante uniforme en toda la anchura de esparcido, con una ligera disminución progresiva del centro hacia los lados en algunas boquillas de diseño reciente.

Para el caso de las boquillas de abanico plano, realizando el conveniente solapamiento entre los chorros de las boquillas contiguas, se consigue una distribución muy uniforme. El solapamiento de los chorros de pulverización en las boquillas cónicas de chorro hueco, generalmente produce mayor irregularidad de la distribución.

Los ángulos de abertura mas utilizados en boquillas de abanico son las de 110 y 80° ; en las cónicas 65 y 85°; en las deflectoras es frecuente que se superen los 140° .

Para el caso de las boquillas de abanico plano, realizando el conveniente solapamiento entre los chorros de las boquillas contiguas, se consigue una distribución muy uniforme. El solapamiento de los chorros de pulverización en las boquillas cónicas de chorro hueco, generalmente produce mayor irregularidad de la distribución.



Los ángulos de abertura mas utilizados en boquillas de abanico son las de 110 y 80° ; en las cónicas 65 y 85°; en las deflectoras es frecuente que se superen los 140° .

Por otra parte, se necesitaría un doble recubrimiento como mínimo para garantizar una distribución uniforme a pesar de las oscilaciones de las barras portaboquillas. También hay que tener en cuenta que a partir de una cierta distancia la energía de las gotas pulverizadas es insuficiente para alcanzar adecuadamente el objetivo.

En consecuencia, el solapamiento recomendado estará en función del ángulo de abertura y del perfil de distribución de la boquilla. La mayoría de los fabricantes, para boquillas de abanico, situadas a 50 cm entre si, recomiendan una altura de trabajo entre 0.45 y 0.50 cm.

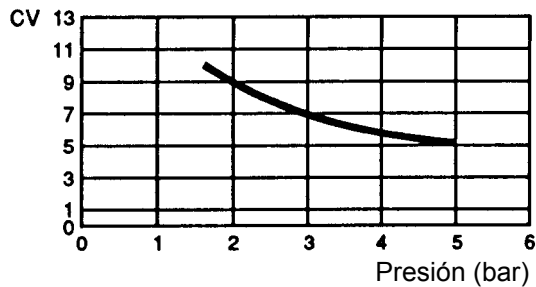
El incremento de la presión de trabajo de la boquilla modifica el ángulo de abertura de la misma. A pesar de ello, por no tratarse de un aumento lineal con la presión, la abertura se puede considerar constante en el intervalo de presiones que se consideran normales para el trabajo. Solo cuando se trabaja con presiones extremas es significativa esta variación, especialmente para las boquillas de bajo caudal. Esto, por si solo y con independencia de los efectos que producen variaciones de presión en el espectro de gotas pulverizadas, justifica la conveniencia de mantener presiones de trabajo en los límites que establecen los fabricantes según las características de las mismas.

Formas de variación de la homogeneidad de distribución (coeficiente de variación - CV)

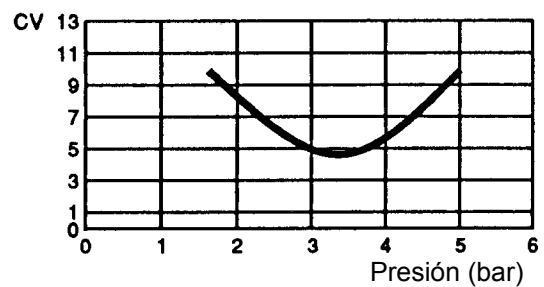
con las modificaciones de presión en boquilla

(Referida a boquillas de abanico asociadas 50 cm y a una altura de 50 cm sobre el plano de tratamiento.- Fuente: Albuz)

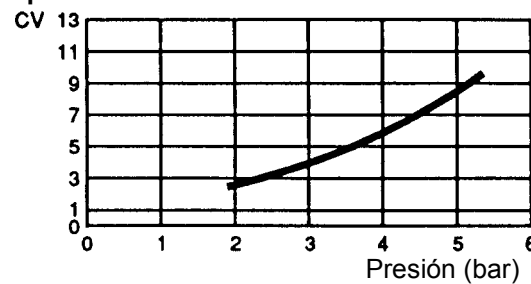
Tipo I.-



Tipo II.-



Tipo III.-



Espectros de gotas producidas por las boquillas

Erro! Indicador não definido.

Además de por su perfil de distribución volumétrica, la boquilla se caracteriza por el espectro de gotas que proporciona. Este espectro se modifica con la presión de trabajo a la vez que lo hace el caudal y la velocidad de salida del líquido pulverizado. Para cualquier boquilla, como ya se ha indicado, el caudal aumenta con el cuadrado de la presión, al igual que la velocidad de salida de las gotas, mientras que la dimensión media de las gotas formadas disminuyen con la raíz cuadrada de la presión.

Así, al pasar de 5 a 20 bar en una boquilla, el caudal aumenta de 2.2 a 4.4 L/min, la velocidad de salida de 20 a 40 m/s y la dimensión media de las gotas disminuye de 380 μm a 240 μm .

Esto no quiere decir que todas las gotas sean iguales; como ya se indicó anteriormente, el 50% de las gotas pequeñas contienen menos del 5% del líquido pulverizado y solo el 10% de las gotas más grandes se llevan más del 50% de la pulverización.

Utilizando como referencias la mediana volumétrica (VMD) y la mediana numérica (NMD), así como el grado de homogeneidad que define el "span" (VMD/NMD), caracterizando las poblaciones de gotas con analizadores de "no imagen" (tipo "Malvern"), como habitualmente hacen los fabricantes de boquillas, se pueden definir el comportamiento de las boquillas, completando esta información con el porcentaje de líquido que sale pulverizado en gotas de menos de 100 y de 200 μm , que son las que quedan más expuestas a la deriva.

Resumiendo, como valores orientativos, para el conjunto de boquillas existentes en el mercado, se pueden dar los siguientes valores medios (VMD) sobre la base de una boquilla de 1 L/min trabajando a 3 bar de presión:

- Boquillas cónicas: 260 μm
- Boquillas de abanico (110°): 300 μm
- Boquillas de abanico (80°): 400 μm
- Boquillas deflectoras: 650 μm

La dimensión del orificio de salida condiciona el tamaño de la población de gotas pulverizadas, de manera que entre una boquilla de hendidura con ángulo de 80°, de 1 L/min y otra del mismo tipo de 2 L/min, se pasa en VMD de 400 a 500 μm .

La relación con la homogeneidad, utilizando el cociente VMD/NMD, las diferencias entre los distintos tipos de boquilla son:

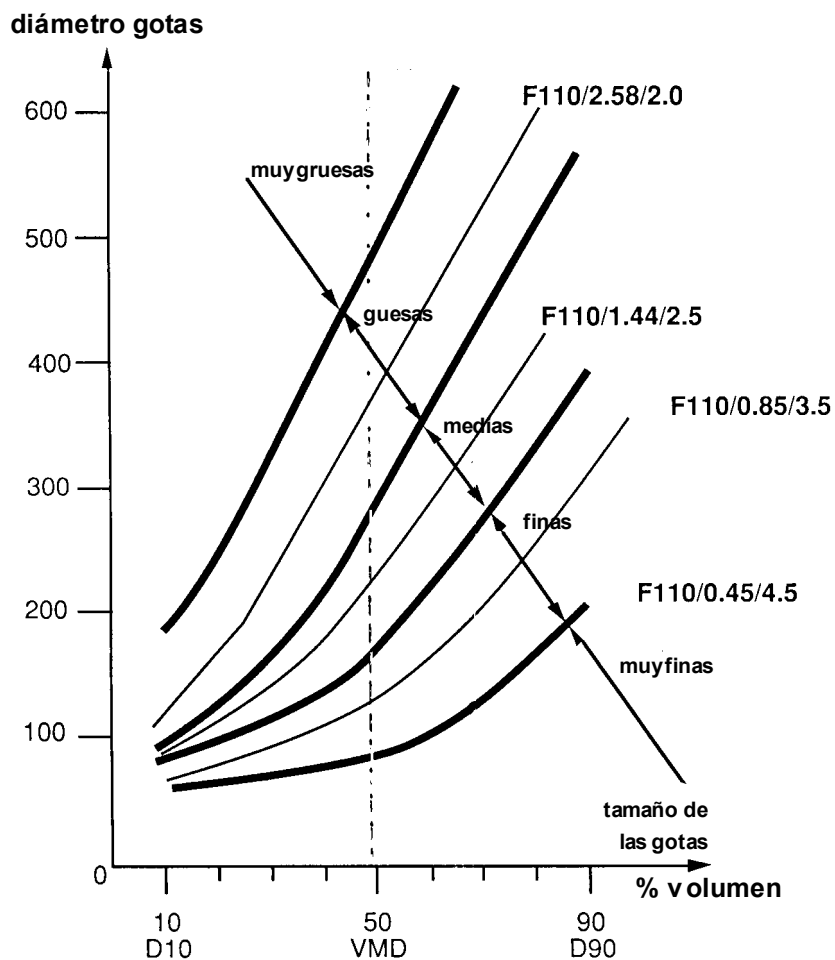
- De turbulencia: 1.8 a 5.0
- De abanico: 2.0 a 8.0
- Deflectoras: 1.0 a 3.0

A medida que se desea trabajar con menores volúmenes de caldo en pulverización hidráulica se debe ser mas exigente en la calidad de las boquillas, y especialmente en la homogeneidad del espectro de pulverización. A este respecto se exigen, para las boquillas de abanico de más alta calidad, que el coeficiente de homogeneidad se mantenga entre 1.5 y 2.5 para variaciones de presión entre 1 y 5 bar.

Esto permite de una manera general obtener, con presiones entre 1.5 y 2.5 bar una población de gotas mas gruesas "mojante", y, con presiones entre 2.5 y 5.0 bar, una población de gotas finas "cubriente".

En resumen, para presiones comprendidas entre 2 y 4 bar se producen la mayor cantidad de gotas en el intervalo de 200 a 300 μm , lo que resulta apropiado para aplicaciones de 150 a 300 L/ha.

Variación del espectro de gotas en función de la presión y del caudal nominal de la boquilla
(Tamaños de las gotas en μm .- Medición efectuada con láser Malvern 2600)



Designación de las boquillas: F110/1.44/2.5 (Fuente: *British Crop Protection Council - B.C.P.C.*)

F: boquilla de hendidura
 110: ángulo de abertura en grados
 1.44: caudal nominal de la boquilla
 2.5: presión de trabajo

Se consideran poblaciones de gotas:

muy gruesas:	VMD > de 450 μm
gruesa:	VMD comprendido entre 300 y 450 μm
medias:	VMD comprendido entre 200 y 300 μm
finas:	VMD comprendido entre 90 y 200 μm
muy finas:	VMD < de 90 μm .

También hay que indicar la influencia que tiene el ángulo de abertura del chorro en el porcentaje de gotas de escaso tamaño. Para las boquillas con ángulo de abertura de 80° el volumen de líquido pulverizado en gotas de menos de 100 y de 200 μm es muy inferior (menos de la tercera parte) que

para abertura de 110°. La aparición de gotas de muy pequeño diámetro también se produce en las boquillas de bajo caudal.

En general, la baja uniformidad del espectro de gotas producido con la pulverización hidráulica, tiene consecuencias negativas para la eficacia de la pulverización, mas aún cuando se pone de manifiesto que, para el control de una plaga, se necesita un número de impactos mínimo en el área de tratamiento con independencia del tamaño de las gotas utilizadas.

Por ello, en toda la tecnología para el desarrollo de boquillas se busca un compromiso, de manera que se eviten las gotas mas pequeñas (menores de 100 µm o de 200 µm en condiciones de climas cálidos y/o secos) que se pierden por deriva, a la vez que se reduce la heterogeneidad. Han sido con las boquillas de abanico plano con las que, por el momento, se han conseguido los mejores resultados, trabajando a presiones mínimas, aunque no es aconsejable bajar de 2 bar, las cuales, además de evitar la atomización (producción de gota excesivamente fina), proporcionan energía apropiada para las gotas que llegan a la planta evitando su explosión en el impacto y su pérdida por escorrentía.

La aplicación de fitosanitarios sobre un cultivos con limitado desarrollo foliar, como lo son todos en las primeras etapas de desarrollo, y de manera general todos los cultivos conocidos como "bajos" y muchos de los hortícolas, o cuando se deben hacer aplicaciones sobre suelo desnudo, se realiza fundamentalmente mediante la técnica conocida como pulverización hidráulica, o por presión de líquido, a partir de un volumen de caldo conseguido por la mezcla de un fitosanitario comercial en un diluyente, generalmente agua. Otras técnicas de aplicación, como las de desinfección de semilla, o las aplicaciones con productos sólidos (productos pulverulentos y granulados) son mucho menos frecuentes que las de pulverización.

Elegir una boquilla apropiada

En consecuencia, la elección de la boquilla mas apropiada para una determinada aplicación debe hacerse en función del volumen de caldo (L/ha) y de la cobertura necesaria, lo que condiciona el tamaño y el tipo de boquilla y la presión de trabajo. Es conveniente utilizar para ello las tablas que proporcionan los fabricantes de las boquillas, ya que si bien, en líneas generales, se cumplen las indicaciones expuestas con anterioridad, las técnicas de fabricación ofrecen particularidades que pueden ayudar a mejorar la eficacia de una aplicación determinada.

Para seleccionar la boquilla que se necesita utilizando un catálogo de boquillas se debe buscar la que proporcione el caudal mas próximo al calculado para la presión a la que se va a trabajar. El caudal de salida por boquilla para conseguir un determinado volumen se calcula por la expresión:

$$q = D \times v \times e / 600$$

Siendo: q : caudal de salida, en L/min
D : volumen de aplicación, en L/ha
v : velocidad real de trabajo, en km/h
e : separación entre boquillas, en m

La separación entre boquillas para los equipos de barras de fabricación europea normalmente de 0.5 m. Si el tratamiento se realiza en bandas, el valor de la separación entre boquillas -e- debe sustituirse por la anchura de la banda que cada boquilla cubre.

Como norma general se recomienda que las velocidades de trabajo no superen los 10 - 12 km/h con campo libre, ni los 6 - 8 km/h para aplicaciones sobre cultivos en línea, para evitar la deriva producida por el viento que aparece como consecuencia del propio desplazamiento del vehículo, pero sobre todo por el efecto que pueden producir las vibraciones del vehículo en las barras portaboquillas.

La velocidad del viento atmosférico puede dificultar que el tratamiento sea correcto, perdiéndose por deriva una buena parte del producto. Para evitarlo se recomienda utilizar boquillas adecuadas que

consigan una pulverización fina para el caso de viento en calma o brisa muy ligera, o pulverización gruesa cuando se superen los 5 a 6 m/s de velocidad del viento. Si el viento supera los 7 m/s se debe evitar la aplicación. En condiciones normales, con velocidades de viento entre 1.5 y 5 m/s, la pulverización de finura media, con los tamaños de gota anteriormente señalados, es la que proporciona los mejores resultados.

Las boquillas que se utilizan en los pulverizadores hidroneumáticos deben de producir una pulverización adaptada a la corriente de aire que impulsa el ventilador, ya que la gota debe de integrarse en la corriente de aire de manera homogénea y depositarse a medida que ésta reduce su velocidad, en función de su alejamiento y del efecto pantalla de la vegetación. Parece conveniente producir un espectro de gotas no demasiado homogéneo, de manera que estas se depositen progresivamente a medida que se reduzca la velocidad de la corriente de aire que las transporta.

Las tablas de boquillas, suministradas por cada fabricante, proporcionan una información completa sobre las características de la pulverización de cada modelo (perfil de distribución y población de gotas producida), así como unas recomendaciones en función del tipo de tratamiento. La norma española UNE 68 082, que se corresponde con la Norma francesa NF U 26-105, da unas recomendaciones de tipo general para seleccionar el tipo de boquilla mas apropiado en función de las características de la aplicación. Estas recomendaciones se resumen a continuación.

Aptitud de las boquillas según el tipo y las condiciones del tratamiento

Tipo de boquilla	Abanico 110 °	Abanico 80 °	Cónicas	Deflectoras	Varias salidas
Espaciamiento (m)	0.33 - 0.50	0.33 - 0.50	0.33 - 0.50	1 - 3	-

Condiciones

Reparto suelo desnudo	***	**		**	**
Penetración en vegetación	**	**	***	*	
Arrastre por el viento	**	**		***	***
Sensibilidad a la altura de pulverización	***	*		***	***
Sensibilidad a la obstrucción	*	*	**	***	***

Tipo de aplicación

Herbicida postemergencia	***	***	*		
Herbicida preemergencia	***	***		**	*
Fungicida e insecticidas	**	**	***		
Abonos en solución suelo desnudo	***	***		**	*
Abonos en solución vegetación	*	*		*	***
Abonos en suspensión				***	
Herbicidas no selectivos	***	***		**	

*** recomendable para óptimos resultados; ** recomendable; * aceptable en algunos casos

COMPONENTES ESENCIALES EN LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN

La mayoría de las aplicaciones de fitosanitarios se realizan con pulverizadores hidráulicos (para cultivos bajos) o con pulverizadores hidroneumáticos (para cultivos arbóreos o con elevado desarrollo foliar). En ellos, además de las boquillas, se necesitan un conjunto de elementos que garanticen el abastecimiento continuo de la boquilla en las condiciones exigidas por el tipo de tratamiento.

En todos ellos se necesita disponer una bomba capaz de impulsar el líquido a presión, un depósito, que contenga el caldo, una grifería para la apertura y cierre de la pulverización, que incorpore un sistema de regulación de presión/caudal, unas conducciones con sus filtros que lleven el líquido del depósito hasta las boquillas, además de otros elementos auxiliares, que hacen posible el funcionamiento equilibrado del pulverizador.

El conjunto de elementos que componen el sistema hidráulico del pulverizador están unidos en un circuito que se inicia en el depósito, continuando por la bomba, que se encarga de impulsar el líquido procedente del depósito, llegando a la grifería, donde generalmente se produce una bifurcación, de manera que una parte del líquido retorna al depósito, ayudando a mantener la homogeneidad del caldo contenido en el depósito, y la otra es conducida hasta las boquillas donde resulta pulverizada.

En este recorrido, las partículas contenidas en el líquido, que por su tamaño pueden dar lugar a la obstrucción de las boquillas, o a dañar alguno de los componentes integrados en el circuito, son retenidas por filtros situados a la salida del depósito y en las conducciones que comunican la bomba con la boquilla.

Los circuitos toman formas ligeramente diferentes en función del sistema de regulación que se incorpora en el equipo, aunque el esquema general es bastante similar para todos los fabricantes.

Se establecen como exigencias básicas de estos componentes las siguientes :

- Depósito resistente, fácil de limpiar (preferentemente de materiales plásticos)
- Bombas que aseguren la impulsión con independencia de la presión de trabajo (de pistón o de pistón-membrana)
- Sistemas de regulación proporcional al avance (al menos un sistema de regulación por retorno proporcional CPM)
- Sistema de barras portaboquillas robusto y estable, con dispositivo que mantenga la horizontabilidad con respecto al suelo si se superan los 12 m de anchura de trabajo
- Filtros escalonados y con mallas apropiadas para el tipo de boquillas que se utilizan

PULVERIZADORES MANUALES (DE MOCHILA)

Son equipos utilizados para la distribución de productos fitosanitarios, mientras se sostienen y se orientan por la mano del operador. Se pueden considerar como insustituibles en muchas explotaciones agrícolas, especialmente las dedicadas a producciones agrícolas y frutícolas, y en la agricultura intensiva (invernaderos). Teniendo en cuenta sus particularidades, simplicidad, bajo coste, fácil manutención y versatilidad, se adecuan a la aplicación de productos fitosanitarios en áreas reducidas, en líneas de cultivo, en áreas de difícil acceso, en plantas separadas y en focos de ataque plagas

Existen diferentes opciones que van de las más sencillas, de accionamiento manual o con pilas, hasta los más complejos accionados por tractor o provisto de motor propio. Su capacidad de trabajo está relacionada con la velocidad de avance de la persona que lo lleva, que habitualmente se encuentra entre 40 y 80 m/min (2,4 a 4,8 km/h).

Los más utilizados son los conocidos como pulverizadores “de mochila” cuyo depósito va colocado de esta forma en la espalda del utilizador, que impulsa el líquido a través de la boquilla al accionar manualmente una bomba de membrana o de pistón. Son en todo similares a los pulverizadores mecánicos de accionamiento mecánico, aunque deben de estar adaptados a la energía disponible para la persona que lo maneja. Otra alternativa son los pulverizadores centrífugos, en los que el

accionamiento del conjunto de pulverización (disco giratorio) se realiza a través de un pequeño motor eléctrico alimentado por baterías.

Cuando se utilizan bombas de membrana (diafragma) para impulsar el líquido que será pulverizado por la boquilla, las presiones de trabajo no deben de superar los 3 bar. Con bombas de pistón (embolo) es posible llegar a 7 bar de presión, aunque esto puede significar un incremento importante de la energía necesaria para accionarlo, lo que repercute en el rendimiento de la operación. Una alternativa, cuando se necesita trabajar a altas presiones, es utilizar pulverizadores de “presión previa”, con aire o gases comprimidos en una cámara especial que actúan sobre el líquido contenido en el depósito, cerrado herméticamente.

Los elementos básicos que constituyen los pulverizadores de mochila son el depósito, bomba de líquido, válvula de control de pulverización, regulador de presión integrado, que mantenga constante la presión de pulverización, con un selector adecuado que haga innecesario el empleo de un manómetro frágil y costoso, lanza con boquilla, filtros y palanca de accionamiento.

La WHO (World Health Organisation) recomienda que los pulverizadores de mochila cumplan con los siguientes requisitos técnicos de diseño:

- La bomba de presión debe de diseñarse como desmontable y estar integrada en el depósito del pulverizador, proporcionando un caudal de 90 L/h a la presión de 3 bar, con una tasa de bombeo nunca superior a 30 emboladas/minuto;
- la forma del mecanismo de la bomba no deberá permitir fugas, cualquiera que sea la posición del depósito;
- la palanca de accionamiento de la bomba deberá ser fácilmente cambiada de posición de trabajo (derecha hacia la izquierda o al revés), adaptándose ergonómicamente al usuario;
- la cámara de compensación deberá presentar una capacidad como mínimo de 10 veces la capacidad de la bomba
- el depósito no debe sobrepasar los 15 litros de capacidad máxima, ni presentar fugas aunque esté tumbado en el suelo;
- en la parte inferior del depósito se deberá incorporar filtro, para filtrar la suciedad, de fácil sustitución y limpieza;
- la boca del depósito debe de ser suficientemente ancha para facilitar el llenado del depósito con un cubo;
- la tapa del depósito deberá incorporar una válvula para prevenir posibles vertidos de productos cuando el equipo se inclina o queda invertido;
- el depósito deberá disponer de un dispositivo, en la parte baja, para facilitar el vaciado del líquido cuando se finaliza una aplicación;
- todas las correas deben ser fácilmente ajustables, de un material que no absorba los productos químicos y suficientemente anchas para la mayor comodidad del operador;
- la forma del depósito se debe de adaptar a la espalda para el mejor confort del operador;
- la lanza de pulverización debe de incorporar una válvula de control de fácil manejo, siendo compatible con otras extensiones que se quieran añadir;
- en el extremo de la lanza habrá un portaboquillas con filtro, compatible con diferentes tipos de boquillas;
- los conectores de las mangueras deberán ser del tipo recuperable cuando estas cambien;
- es recomendable que en la lanza de pulverización lleve una válvula reguladora de presión con manómetro;
- el manómetro deberá mostrar la presión incluso cuando el pulverizador no esté en régimen de trabajo;
- el pulverizador deberá presentar un dispositivo para sujetar la lanza y proteger la boquilla cuando la misma no esté siendo utilizada;
- para el mantenimiento, cada pulverizador deberá acompañar un pequeño paquete que contenga boquilla de repuesto, cepillos de limpieza y otros elementos que se estimen necesarios;
- en cualquier pulverizador deberá de ser fácil su mantenimiento y reparación, así como la calibración. la durabilidad deberá ser como mínimo de 500 horas de operación, debiendo soportar la prueba de “caída” recomendada por la WHO;

PULVERIZADORES HIDRÁULICOS CON ASISTENCIA DE AIRE

Erro! Indicador não definido.

Hay otras alternativas para la aplicación de fitosanitarios en cultivos bajos, aunque su empleo sea, por el momento, poco frecuente. La utilización de una corriente de aire que se encargue del transporte de las gotas hasta la zona de tratamiento ha sido habitual en cultivos de alta densidad foliar y los pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) que se emplean en las áreas frutícolas son buen ejemplo de ello.

La novedad está siendo el empleo de unos equipos, en cierto modo similares a los "atomizadores", en alternativa a la pulverización hidráulica habitualmente utilizada sobre cultivos bajos. Estos son particularmente apropiados para tratamientos insecticidas y fungicidas sobre cultivos hortícolas, en alternativa a la pulverización hidráulica de elevado volumen.

En estas aplicaciones se recomiendan utilizar boquillas de bajo caudal tipo chorro cónico, cuando se montan en una salida de aire de sección circular, o de abanico plano para salidas rectangulares, para aplicar volúmenes de 200 a 300 L/ha. La boquilla se debe situar a la distancia considerada normal (40-50 cm) de la zona de tratamiento en ausencia de aire. La corriente de aire se encarga de aumentar la penetración trabajando con un volumen de líquido reducido, para lo cual no debe superar los 30 m/s en la salida ni los 10 m/s sobre la planta.

Si bien es cierto que la utilización de algunos pulverizadores hidroneumáticos, con salidas de aire independientes para cada boquilla, permiten la aplicación de insecticidas y fungicidas en cultivos bajos de gran densidad foliar, en los que la penetración del producto tiene mayor importancia que la propia uniformidad de distribución, la aplicación de herbicidas mediante estos equipos no era en absoluto recomendable.

Sin embargo, la utilización de un flujo laminar de aire asociado a unas barras portaboquillas similares a las del pulverizador hidráulico clásico permite usar una pantalla que limite la deriva cuando aumenta la intensidad del viento atmosférico o se trabaja con mayor velocidad de avance, dando lugar a equipos apropiados para la aplicación de herbicidas en bajo volumen.

DANFOIL, DEGANIA y HARDI (Twin) han puesto en el mercado equipos que utilizan el apoyo de la corriente de aire. De ellos es el Twin, el que por su diseño más reciente, se encuentra más evolucionado.

El empleo de esta técnica permite trabajar con pulverización mas fina, lo que hace posible las aplicaciones en bajo volumen con los mismos productos fitosanitarios utilizados con volumen normal de agua. Las gotas pequeñas, que son las más efectivas, penetran con la misma facilidad que las más gruesas y disminuye drásticamente la deriva.

En cualquier caso el equipo, para que sea efectivo, debe permitir la modificación de la velocidad de salida del aire y del ángulo entre la cortina de aire y el chorro de pulverización, para poder ajustarse a las diferentes condiciones atmosféricas y del cultivo.

Sobre la base de una aplicación convencional con 150 L/ha y una aplicación asistida con aire a razón de 70 L/ha, la diferencia en deriva es notable: 9/10 partes de lo que sería arrastrado por el viento se recupera en la zona de aplicación.

Los volúmenes de aplicación, utilizando esta técnica, son similares a los que se consiguen en pulverización centrífuga, pero con la ventaja de que todas las gotas pulverizadas, dentro de la variación meteorológica que garantiza la correcta ejecución de los tratamientos, quedan bajo control.

PULVERIZADORES CENTRÍFUGOS

Erro! Indicador não definido.

Después del gran número de años transcurridos desde que Bals pusiera a punto un disco para pulverizador adaptable a los equipos manuales y de la experiencia que proporcionan las continuas aplicaciones aéreas utilizando esta técnica de aplicación, los equipos terrestres para gran cultivo no incrementan notablemente su importancia en el mercado como en un principio se pensaba que podía suceder.

Esto ha sido, por una parte, como consecuencia de la dificultad para controlar la deriva de la gota pequeña y muy uniforme ($PGC \approx CDA$) que se produce con esta técnica de pulverización, en las cambiantes condiciones ambientales de las aplicaciones agrícolas, pero también por el notable avance de la técnica de pulverización hidráulica ya comentada.

Mientras los equipos manuales o en los tratamientos aéreos en ULV la pulverización centrífuga es una alternativa aceptable, incluso más apropiada en determinadas circunstancias, los equipos centrífugos motorizados sólo se pueden recomendar en las explotaciones agrícolas capaces de manejar una técnica difícil, apoyándose, para que el tratamiento sea correcto, en un control continuo de los depósitos que quedan sobre el campo de cultivo.

Los equipos en el mercado utilizan dos tipos de "cabezales" de pulverización: los que producen el lanzamiento por toda la circunferencia del disco de proyección (MICROMAX) que se mantiene paralelo al suelo, o se inclina ligeramente para compensar el efecto del avance del equipo sobre la distribución superficial de las gotas formadas; y los que utilizan un disco situado en posición vertical, con parte de la salida apantallada de manera que quede limitada a un abanico de 140° de ángulo de abertura (GIROJET).

En condiciones ambientales apropiadas (brisa moderada) pueden realizarse aplicaciones herbicidas en bajo volumen (30 a 40 L/ha) sobre cultivos bajos con buenos resultados, y en volúmenes mucho menores para aplicaciones insecticidas y fungicidas, proporcionando al disco una velocidad de giro mayor.

Las mayores dificultades para realizar aplicaciones correctas aparecen cuando aumenta la velocidad del viento, lo que incrementa notablemente la deriva, y también con la atmósfera en calma al producirse un depósito superficial sin apenas penetración.

A pesar de ello, si se está dispuesto a realizar un control frecuente de los depósitos producidos, permiten buenas aplicaciones con una notable reducción de los costes de ejecución y en un tiempo mínimo.

CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN

En cualquier equipo de aplicación de fitosanitarios habrá que considerar :

- Las características técnicas de sus diferentes componentes que garantizan la calidad de la aplicación.
- El tamaño del equipo que se necesita, el cual deberá ser proporcional a las superficies que se deben cubrir y a los tiempos disponibles para hacerlo.
- La calibración y el mantenimiento del equipo para ajustarse a lo que exigen las diferentes fitosanitarios y de manera que sea operativo en el tiempo.

Según se trate de pulverizadores hidráulicos o hidroneumáticos la calibración y puesta a punto exige actuaciones diferenciadas.

Pulverizadores hidráulicos

Erro! Indicador não definido.

Antes de iniciar cualquier tratamiento hay que proceder a la calibración precisa del equipo que variará en función del cultivo, del tipo de producto que se tenga que aplicar y de las condiciones agronómicas y meteorológicas del momento de la aplicación.

Antes de comenzar la campaña de tratamientos hay que hacer un control previo consistente en:

- Engrase de los diferentes elementos y cambios de aceite recomendados por el fabricante.
- Desmontaje y limpieza de filtros.
- Enjuagado total impulsando por las conducciones al menos un tercio del volumen del depósito antes de colocar las boquillas.
- Posteriormente colocar las boquillas y verificar el comportamiento del conjunto, especialmente en lo relativo a boquillas y dispositivos antigoteo.

Después de esto se puede pasar a la calibración, la cual deberá hacerse utilizando exclusivamente agua, antes de añadir la dosis de producto.

Utilizar las instrucciones de la etiqueta del producto fitosanitario para elegir tanto el volumen como la finura de pulverización (tipo de boquillas y presión de trabajo).

Para la elección del volumen y la finura de pulverización recomendables, pueden darse unas reglas de utilización generalizada. El volumen depende básicamente del desarrollo foliar del cultivo (valorable según diferentes escalas) y de las zonas del mismo en las que se realice el tratamiento.

Una vez elegido el volumen de aplicación y el tipo y tamaño de la boquilla se debe proceder a ajustar los parámetros básicos de la pulverización en función de los objetivos.

La velocidad de avance, normalmente comprendida entre 5 y 10 km/h, debe elegirse en función del estado del campo y de las características del cultivo, procediendo a su verificación haciendo circular el tractor, en las condiciones de trabajo sobre una distancia conocida y midiendo a la vez el tiempo empleado en el recorrido.

La velocidad será:

$$v = \text{distancia (m)} \times 3.6 / \text{tiempo (s)}$$

A partir de la velocidad real de trabajo hay que seleccionar la boquilla apropiada utilizando las tablas proporcionadas por el fabricante y, seguidamente, una vez montadas las boquillas en el pulverizador y regulado de manera que la presión de trabajo sea la apropiada, comprobar, recogiendo en un recipiente el líquido pulverizado por cada boquilla, que se corresponde con el valor calculado. Es recomendable hacer una repetición de la medida y calcular el valor medio.

En el caso de que el caudal de una boquilla no se corresponda con el deseado significará que se encuentra desgastada (mayor caudal) y habrá que sustituirla.

Si el caudal de todas las boquillas difiere, en más o en menos, del previsto se puede modificar la presión de trabajo, disminuyéndola o aumentándola, hasta conseguir el volumen previsto. Esta variación de presión debe hacerse solamente dentro de los límites establecidos, ya que variaciones mayores afectan a la finura de la pulverización.

Durante el tratamiento se deben mantener constante la velocidad de trabajo así como la presión, lo cual exige la lectura frecuente del manómetro. También hay que observar la pulverización de las boquillas por si se produce alguna obstrucción.

Las boquillas obstruidas se deben sustituir por otras equivalentes y proceder a su limpieza, al finalizar el trabajo, con cepillos apropiados o utilizando aire a presión. Nunca se debe limpiar una boquilla soplando con la boca o utilizando la punta de un elemento duro (navaja, alambre, etc.).

Además de lo ya indicado hay que considerar la influencia de los factores atmosféricos (viento, temperatura y humedad relativa) en la eficacia de los tratamientos, especialmente relacionado con el comportamiento de las gotas y de la materia activa que se aplica.

En este sentido no se deben hacer aplicaciones con velocidades de viento que superen los 15 km/h, y en el caso de que la aplicación sea imprescindible hay que hacerlo utilizando una pulverización muy gruesa.

La temperatura ambiente afecta a la eficacia, y mucho más a la selectividad de los productos (especialmente la de los herbicidas de contacto). Con temperaturas demasiado altas se puede producir una pérdida de selectividad debida al soleado, o efecto "lupa" de las gotas sobre la planta. Con temperaturas muy bajas, los tratamientos provocan fitotoxicidad que puede ser grave. Con una atmósfera muy seca el riesgo de evaporación de las gotas aumenta y la sensibilidad de las plantas se reduce en algunos productos como los herbicidas de contacto. Esto hace recomendable realizar las aplicaciones por la tarde, cuando la humedad relativa del aire aumenta.

Los tratamientos con tiempo cálido y cielos cubiertos son generalmente más eficaces, siempre que no se produzcan lluvias pocas horas después de su aplicación, lo cual ocasiona también aumento de los riesgos de fitotoxicidad.

Se desaconsejan los tratamientos sobre el follaje húmedo como consecuencia de las pérdidas de depósito que se producirán por goteo. Esto no tiene consecuencias desfavorables para la aplicación de productos de acción radicular.

Pulverizadores hidroneumáticos

Al igual que lo que sucede con los pulverizadores hidráulicos que se utilizan para cultivos bajos, los pulverizadores hidroneumáticos hay que adaptarlos a las características del tratamiento, pero ello aparecen dificultades adicionales, ya que el desarrollo foliar de las plantaciones y los marcos de plantación son muy diferentes.

Además, la combinación de la corriente de aire con las gotas producidas por pulverización hidráulica, exige adaptaciones especiales que minimicen tanto la deriva como las pérdidas por goteo.

Esto exige, por una parte, seguir unos criterios básicos para elegir el equipo más adecuado para las características de la plantación. Por otra, a realizar su ajuste para las condiciones del tratamiento unido al nivel de desarrollo foliar, que puede variar durante el ciclo productivo.

Según se trate de equipos hidroneumáticos o de equipos neumáticos habrá que actuar de manera algo diferente para hacer la adaptación.

Erro! Indicador não definido.

En un pulverizador hidroneumático actúan dos sistemas diferentes que se complementan: el sistema encargado de producir las gotas mediante presión de líquido y el sistema de aire que realiza el transporte de las gotas hasta el cultivo.

El sistema de líquido, que incluye bomba, regulador de presión, conducciones, además de otros elementos como depósito, filtros, etc., debe permitir el ajuste en función de las dosis que se pretenden distribuir.

El sistema de aire debe proporcionar un caudal de aire suficiente que desplace al que ocupa el interior de la plantación, y las salidas del ventilador deben estar dirigidas mediante colectores y deflectores ajustados al tipo de vegetación.

- Tipo de pulverización

Cuando se aplica un agroquímico a la masa vegetal del árbol, se busca un revestimiento de la superficie interior de un volumen poroso con gotas que cubran alrededor del 30 % de la superficie interna, sin que interese la cobertura de toda la superficie y mucho menos su lavado. Conseguir esta cobertura en ambas caras de las hojas, de una manera homogénea, no resulta sencillo, dada la variabilidad de desarrollo foliar y el efecto pantalla de las hojas exteriores respecto a la zona interna de la planta.

Para conseguirlo se necesita que unas gotas de tamaño suficientemente pequeño se mantengan suspendidas en la corriente de aire para llegar al interior de la vegetación y se vayan depositando a medida que la corriente de aire pierde velocidad.

Una pulverización en gotas de tamaño pequeño va unida a al “bajo volumen” de aplicación que proporcionará una cobertura persistente y homogénea.

Las gotas finas (de 100 a 200 μm) se adhieren bien a la hoja, incluso cuando su superficie está inclinada, mientras que las gotas muy gruesas (de mas de 400 a 500 μm) tienden a escurrir produciendo el lavado de la hoja. Las gotas muy finas (de menos de 50 μm) tienden a alejarse de la zona de tratamiento en débiles corrientes de aire, incrementando notablemente las pérdidas por deriva. En cualquier caso, la superficie cubierta aumenta, para el mismo volumen aplicado, a medida que se pulveriza con gota mas fina, por lo que hay que buscar un equilibrio entre tamaño de gota, volumen aplicado y velocidad de la corriente de aire.

Por otra parte, las gotas, una vez que se incorporan a la corriente de aire, se evaporan progresivamente, dependiendo la velocidad de evaporación de la temperatura y del grado de humedad ambiental y del tiempo de permanencia antes de depositarse.

La mejor solución parece que es la de producir gotas de tamaño entre 100 y 500 μm , lo que puede conseguirse con boquillas de chorro cónico de buena calidad, trabajando con presiones entre 8 y 15 bar. Las boquillas de chorro cónico ofrecen la ventaja de mantener bastante estable el caudal frente a las variaciones de presión, que modifican el tamaño de las gotas.

El grado de capacitación del operador resulta esencial para conseguir la regulación que permite obtener una pulverización en gotas de tamaño adecuado.

- Volumen de aplicación

Como se señaló con anterioridad, a medida que se reduce el tamaño de las gotas puede bajarse el volumen de aplicación para conseguir el mismo grado de cobertura.

Este volumen, además, viene condicionado por el tipo de formulado químico que debe mantenerse en unos niveles de concentración y depositarse con un grado de cobertura adecuado (gotas/cm²); por la superficie que se debe de proteger, que depende del material vegetal presente, el cual se define técnicamente mediante el LAI (índice de área foliar), que relaciona la superficie de vegetación con la superficie agrícola; por último, por las calidad del equipo utilizado y por la precisión con que se calibre.

Para plantaciones frutales de clima templado parece que los mejores resultados se obtienen con volúmenes medios-bajos, ya que los altos volúmenes aumentan considerablemente las perdidas a tierra por escurrimiento, y los muy bajos incrementan las pérdidas por deriva, ya que obligan a utilizar pulverización con gota muy fina. Las experiencias europeas con volúmenes de 100 L/ha o menos, no han proporcionado buenos resultados.

Para fijar el volumen es esencial fijar la cantidad de vegetación presente. Además hay que tener en cuenta que las recomendaciones para zonas con bajas temperaturas no son extrapolables a los climas mas cálidos y a zonas mas ventosas, así como cuando aumenta el volumen de vegetación. Tampoco es correcto vincular el volumen de aplicación a las características del equipo disponible.

Se puede calcular de manera aproximada el volumen de caldo necesario actuando de la siguiente manera:

1. Determinando el volumen de vegetación multiplicando la altura de los árboles por su anchura media (introduciendo el factor 10 000 para obtener el volumen en m³/ha) y dividiendo por la distancia entre filas, o sea.

$$V_v = h \times b \times 10000 / a$$

siendo:

V_v = Volumen de vegetación en m³/ha
 a = Espaciamiento entre fila (o filas) en m
 h = Altura del cultivo en m
 b = Anchura media de la fila (m)

2. Multiplicando el volumen de vegetación por un “índice de volumen” (litros/m³ de vegetación), se obtendrá el volumen teórico de caldo, o sea:

$$V_t = i \times V_v / 1000$$

Al índice de volumen se le pueden dar valores según se indica en la tabla adjunta, teniendo en cuenta las condiciones del tratamiento.

Índice de volumen	muy alto	alto	medio	bajo	muy bajo	ultra bajo
i	120	100	70	50	30	10

Las mas recientes experiencias han puesto de manifiesto que con muchos fitosanitarios es conveniente asegurar una buena concentración de la materia activa para mejorar la eficacia en el control de la plaga: si se trabaja con altos volúmenes, se puede inducir resistencia genética del parásito que recibe el producto con una concentración que no resulta letal. Esto no es aplicable para productos químicos que deben de ser absorbidos por la hoja, como los insecticidas y fungicidas sistémicos, ya que la traslocación puede ser impedida por efectos fitotóxicos o por el cierre de los estomas.

- Dimensionamiento de las salidas de aire

El aire impulsado por el ventilador y cargado con las gotas de caldo pulverizadas debe de entrar en la vegetación desplazando al aire que se encontraba en ella. Para ello se necesita disponer de un volumen de aire suficiente, a una velocidad tal que le permita superar las distintas capas foliares sin sobrepasar la parte opuesta a la que se realiza el tratamiento, suponiendo que la aplicación se realiza por todas las filas.

Se estima que la velocidad del aire en la entrada de la masa vegetal debe estar entre 10 y 15 m/s. Con velocidades superiores las hojas tienden a aplastarse unas sobre otras bloqueando la entrada del aire y se llega a producir, a altas velocidades, incluso el arranque de hojas. Con velocidades inferiores las hojas exteriores no se agitan lo suficiente para dar paso a la corriente de aire, actuando como barrera. En general resulta preferible producir una corriente de aire con ciertas turbulencias (variaciones de la velocidad).

Como recomendación práctica para conocer si la corriente de aire es suficiente se puede verificar el comportamiento de las hojas del lado externo de la planta, opuesto a la zona por la que se realiza la aplicación. Si las hojas permanecen quietas, es señal de que el chorro de aire es insuficiente, si se colocan en “bandera” el chorro es excesivo y se producirán pérdidas.

Generalmente resulta mejor disponer de ventiladores de alto caudal de aire con baja velocidad de salida.

- Orientación de las salidas de aire

La tendencia actual es la de reducir el desarrollo de las plantaciones consiguiendo una vegetación homogénea y no excesivamente alta, que facilita las operaciones de cultivo y de recolección y, de una manera especial, favorece la penetración en las aplicaciones de fitosanitarios.

En las plantaciones en “espaldera” es posible situar las entradas de aire en las proximidades del follaje, de manera que el chorro se introduzca perpendicular a la masa vegetal evitando la dispersión del aire en zonas no ocupadas por la vegetación.

En cualquier caso los deflectores o pantallas deben de ajustarse, en cualquier tipo de plantación, de manera que solo se dirija el aire sobre la zona de tratamiento.

La dificultad para conseguir chorros de aire suficientes en caudal y velocidad sobre plantaciones de gran desarrollo, y con un elevado LAI como los agrios, hace que se ofrezcan en el mercado equipos con doble ventilador, uno de ellos situado en la posición convencional y el otro elevado de manera que produzca un chorro de aire que entre en la vegetación de arriba a abajo, así como deflectores lineales de producen chorros de aire paralelos al suelo a lo largo de toda la altura de las plantas.

MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN

Erro! Indicador não definido.

Al finalizar la jornada de trabajo hay que procurar que no quede nada de caldo en el depósito, y, además, se procederá a una limpieza completa con agua del depósito, conducciones, boquillas y filtros, sin que los residuos de pulverización o de lavado caigan en las proximidades de un cauce de agua, por el riesgo de contaminación que se corre.

Esta limpieza debe hacerse también cuando se cambia de producto fitosanitario utilizando además un detergente, o productos especiales de lavado, si el fabricante del fitosanitario así lo recomienda.

Las boquillas deben desmontarse y limpiarse manteniéndolas mientras tanto en un cubo con agua. Posteriormente, una vez secas, se deben de guardar en lugar apropiado exento de polvo y humedad.

Estas medidas de mantenimiento y limpieza se deben extremar al fin de la campaña, siguiendo además las recomendaciones incluidas en el manual de operación del equipo de pulverización, guardando el equipo en un lugar al abrigo de las inclemencias del tiempo. Esto evitará que se produzcan sorpresas desagradables cuando se inicie la siguiente campaña.

Los fabricantes de los productos fitosanitarios proporcionan información para proceder, de manera eficaz, a la limpieza de cualquier residuo que pueda afectar a aplicaciones sucesivas.

En este sentido se recomienda, como orientaciones de aplicación generalizada las siguientes:

- Limpieza de productos aceitosos: agua mas detergente, aclarando con agua pura.
- Limpieza de herbicidas hormonales: solución amoniacal al 20% y varios aclarados con agua.
- Residuos de cobre: utilizar ácido acético (1 litro de vinagre por 100 de agua). Después del lavado esperar al menos dos horas.
- Clorato sódico y fungicidas orgánicos de síntesis: limpiar cuidadosamente exterior e interior del equipo para evitar el riesgo de incendio.

En las paradas del equipo entre temporadas de utilización hay que extremar las precauciones, de manera que nunca quede líquido, ni aunque se trate de agua limpia en el depósito, las conducciones o la bomba. En tiempo frío puede llegar a helarse con la consiguiente rotura del equipo producida por la expansión del agua.

Hay que hacer una referencia especial al deterioro que se produce en los equipos cuando se utilizan para la aplicación de abonos minerales líquidos, por el gran poder corrosivo de estos productos. Los pulverizadores apropiados para estas aplicaciones están protegidos contra la corrosión mediante la plastificación de los elementos esenciales. La limpieza de los residuos de abono tanto en el interior como en el exterior del equipo, incluyendo las superficies del tractor que resultan mojadas, debe realizarse con abundante cantidad de agua pura.

Cuando se utilizan abonos de los conocidos como soluciones sobresaturadas (con exceso de sólidos), las bombas se someten a una abrasión intensa, lo que exige la utilización de equipos notablemente especializados, que serán de mayor duración, aunque el coste inicial será mas elevado.

Nunca es aconsejable utilizar un equipo de tratamientos para encalar edificios, pintar u otros menesteres distintos de la aplicación de fitosanitarios

SEGURIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE LOS FITOSANITARIOS

Los productos fitosanitarios, se necesitan par la producción agrícola; utilizados con precaución no son peligrosos. Evitar la peligrosidad por mal uso de los mismos sólo lo puede hacer el aplicador.

Principios generales

Erro! Indicador não definido.

Si bien es cierto que los accidentes mas numerosos y más graves registrados en las actividades agradas se producen en el uso de la maquinaria agrícola, la utilización descuidada de los pesticidas y otras materias, como abonos, pueden ser causa de accidentes por intoxicación.

Cuando se utilizan productos químicos para combatir las plagas hay que seguir siempre las recomendaciones que incluye el envase en función de la peligrosidad potencial del producto.

Cuando un producto químico sea causa de intoxicación, se pedirá atención médica par el intoxicado, procurando que el médico que lo atienda pueda conocer las indicaciones de la etiqueta del producto que ha podido se causa de la intoxicación.

Recomendaciones de seguridad

Erro! Indicador não definido.

Las precauciones generales que deben de seguirse son:

- Los trabajos de pulverización solo deben de realizarlos las personas conocedoras del tema
- No se debe de comer, beber o fumar durante la operación
- Hay que regular el equipo de aplicación solo con agua antes de mezclar el producto que se debe de aplicar.

Durante la preparación del caldo, hay que tener en cuenta el grado de peligrosidad del producto. Para los productos peligrosos para la salud durante la mezcla, se debe:

- Utilizar ropa impermeable, con las cañas del pantalón sobre las botas, guantes, gafas y sombrero,
- Usar una mascarilla o un casco ventilado con filtro adecuado si el producto lo prescribe.
- Realizar la preparación al aire libre y con el viento por la espalda.
- Utilizar recipientes reservados para este uso.
- Evitar cualquier proyección de producto concentrado.
- Respetar las dosis de empleo.
- No mezclar mas que la cantidad de producto que se precisa para la aplicación.
- Después de la preparación, lavarse detenidamente las manos y la cara.

Cuando se realice la aplicación en el campo, hay que utilizar ropa de protección, en especial si se trabaja con equipos de aire (pulverización en árboles). No se deben realizar los tratamientos con viento excesivo o si su dirección puede arrastrar el producto a zonas de mayor sensibilidad.

Después de cualquier tratamiento, el aplicador se debe lavar, al menos, las manos y la cara con jabón. Igualmente se deberá lavar la ropa de trabajo.

Las personas y los animales pueden estar expuestos a intoxicaciones. Estas se pueden evitar:

- Almacenando los productos sobre suelo seco y protegido de incendios y respetando las condiciones del fabricante.

- Los productos tóxicos o peligrosos se deben guardar en un local especial, ventilado, cerrado con llave e inaccesible a los niños.
- Se deben conservar los productos en su envase original, con sus etiquetas. Nunca se deben colocar en recipientes que puedan contener alimentos.
- Durante el trabajo, no se deben dejar los productos y los envases al alcance de los niños o de los animales.
- Inmediatamente después de consumido el producto, se debe inutilizar el envase, en particular los que contienen productos líquidos. Posteriormente se deben incinerar o enterrar, según lo que aconseje el fabricante del producto.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Documentación técnica de: ALBUTZ, BERTHOUD, CARPI-EXACT, EVRARD, HARDI, ICI, JACTO, KWH, MONSANTO, SUPRAY, TECNOMA y TEEJET.

APPLICATION TECHNOLOGY GROUP. (1988) *The Hardi Application Technology Course*. Hartvig Jensen ó CO. A/S. Dinamarca.

ARNAL ANTARES P. (1989) *Calibración y manejo de los pulverizadores hidráulicos*. Hoja Divulgadora No. 20/89. Ministerio de Agricultura (España)

BARTHELEMY, P. et al. (1990) *Choisir les outils de pulvérisation*. ITCF. Paris.

HARDI.- *Técnicas de atomización*. Ed. Hartvig Jensen ó Co. A/S Dinamarca. 1993

MÁRQUEZ L. (1989). *Características constructivas de los pulverizadores hidráulicos*. Hoja Divulgadora No. 19/89. Ministerio de Agricultura (España)

MARQUEZ, L.- *Estado actual y tendencias en las técnicas de aplicación de fitosanitarios en cultivos bajos*. Rev. La difesa delle piante, 1992, 15(1- 2), pag. 49 a 72.

MATTHEWS, G.A. (1979) *Metodos para la aplicación de pesticidas*. Compañía Editorial Continental. Mexico, 1987.

PLANAS, S. (1991) *El control de los equipos de distribución*. Seminario sobre "Aplicación ecocompatible de fitosanitarios en la agricultura de los países desarrollados". Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Madrid.

TOMOMASSA MATUO et al. (1987) *Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas*. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP ; Fundação de Estudos y Pesquisas (FUNEP). Joticabal, SP