

Capítulo 3

Inspección y calibración de pulverizadores utilizados en la producción de hortalizas

Jorge Riquelme S.

La correcta aplicación de fitosanitarios requiere una distribución homogénea de los productos en la planta, en las dosis autorizadas y recomendadas por el fabricante, a objeto de evitar efectos no deseados sobre las plantas, salud humana y medioambiente. Una deficiente regulación de los equipos o máquinas de aplicación puede dar lugar a distribuciones irregulares y la presencia de averías o desajustes puede originar fugas o vertidos de producto en lugares no deseados.

En Europa la normativa ha exigido pasar por un proceso de inspección y certificación a todos los equipos que se utilizan para aplicaciones de plaguicidas en agricultura y que hayan cumplido cinco años desde su fabricación. El plazo para completar este requerimiento finalizó el 26 de noviembre del 2016, excluyéndose de esta exigencia a los pulverizadores de mochila, los pulverizadores de arrastre manual (carretilla) con depósito de hasta 100 litros y otros equipos, móviles o estáticos.

Aunque los pulverizadores de mochila así como los de carretilla se liberaron de esta obligación en Europa, sus propietarios deben mantener un proceso de inspección voluntaria que les asegure que el uso de estos equipos no afectará la salud del aplicador ni la de otros trabajadores, además de asegurar la eficacia del control de plagas requerido en sus predios.

Los equipos más utilizados, por los hortaliceros participantes de este programa, son los pulverizadores de mochila, seguido por los pulverizadores de carretilla y muy pocos productores cuentan con pulverizadores hidráulicos accionados por tractor.

Los problemas más frecuentes son el estado deficiente de estos equipos, los que presentan fugas visibles derramándose el líquido por la espalda de los aplicadores. En su mayoría cuentan sólo con boquilla tipo abanico la cual es apropiada para el control de malezas, no así para el control de plagas y enfermedades donde deberían utilizar boquillas tipo cono hueco o pulverizadores neumáticos

de mochila. La mayoría de los agricultores que utilizan estos equipos desconoce el uso de sistemas de regulación que le permitan controlar la presión y de este modo el tamaño de la gota.

El objetivo de este capítulo es presentar una metodología que permita conocer como inspeccionar los equipos para detectar fallas y como corregirlas. También entregar antecedentes para calibrarlos determinando el volumen correcto para hacer las aplicaciones.

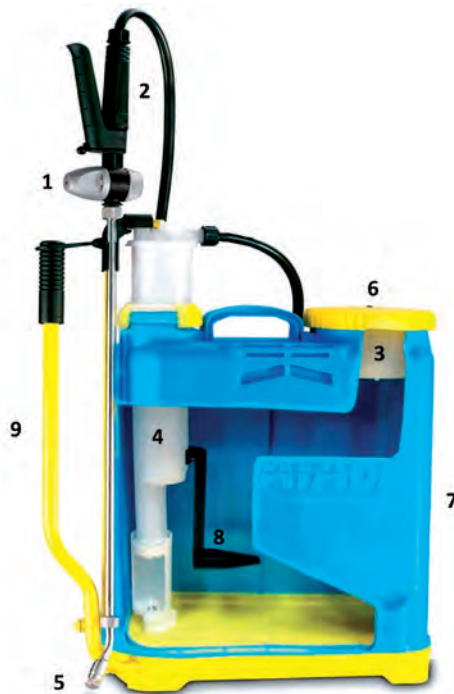


Figura 3.1. Elementos de un pulverizador de mochila.

3.1. Mochila de espalda

Corresponde a un pulverizador de acción manual con una capacidad que varia dependiendo del fabricante, siendo las mas utilizadas aquellas de 10 l. La **Figura 3.1** muestra los elementos que conforman externa e internamente un pulverizador de este tipo y que se deben revisar antes de utilizarlo.

Cuenta con un regulador de presión de trabajo (1) y su condición debe ser revisada tal como el filtro con junta de viton ubicado en el extremo de la lanza (2), lo mismo que el filtro de llenado (3), que siempre debe estar ubicado en la boca de llenado, de esta manera evita el ingreso de materiales que pueden afectar a la bomba (4) y a las boquillas (5).

La tapa de llenado (6), debe poseer una válvula que permita el ingreso de aire al estanque mientras este se vacía y a su vez evitar que el líquido salpique sobre el estanque, derramándose producto sobre la espalda del operador.

La presencia de manchas sobre el estanque puede revelar que se está produciendo esta pérdida. También el estado del o-ring que rodea la tapa puede provocar derrame de producto, por lo que debe ser revisado y reemplazado si fuera necesario.

Inspección del estanque

Es importante que el estanque del pulverizador cuente con un indicador exterior de volumen (7) y en el interior un agitador mecánico (8), el cual mantiene una mezcla homogénea sobre todo para productos formulados en polvo. Una palanca de accionamiento ergonómico (9), permite que ésta pueda ser accionada con el brazo izquierdo o derecho.

Es conveniente cada 40 horas de trabajo efectuar la mantención del equipo, para ello se debe retirar la cámara de la bomba y revisar su émbolo. Si está reseco se debe cambiar, de lo contrario sólo se lubrica con vaselina líquida utilizando una brocha.

Inspección de boquillas y cálculo del caudal de aplicación para control de malezas

Existen distintos tipos de boquillas dependiendo de su funcionalidad, siendo la estándar de abanico (**Figura 3.2**), la que se emplea principalmente en el control de malezas. Su nombre se origina debido a que si se mira la aplicación a contraluz mantiene esta forma. De acuerdo a la Norma ISO 10.625, *International Standard, Equipment for crop protection - Sprayer nozzles - Colour coding for identification* (2005), las boquillas de abanico estándar pueden reconocerse en función del color, trabajando a 3 bar de presión. Esto es respetado actualmente por todos los fabricantes, no así con otros tipos de boquillas que aún no se logra uniformar los colores.

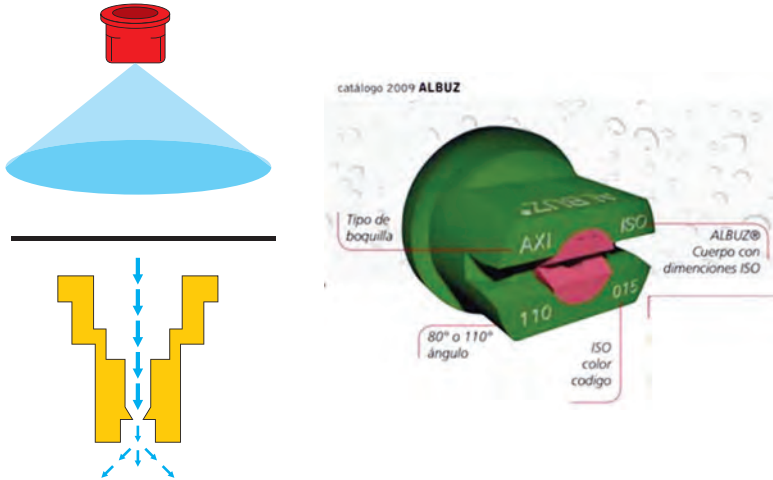


Figura 3.2. Boquilla de abanico estándar.

El diagrama de distribución de esta boquilla concentra principalmente la aplicación en el centro de la salida de la boquilla y disminuye hacia ambos extremos, independiente de la altura de aplicación (h) y del ancho de cobertura (a) (Figura 3.3).

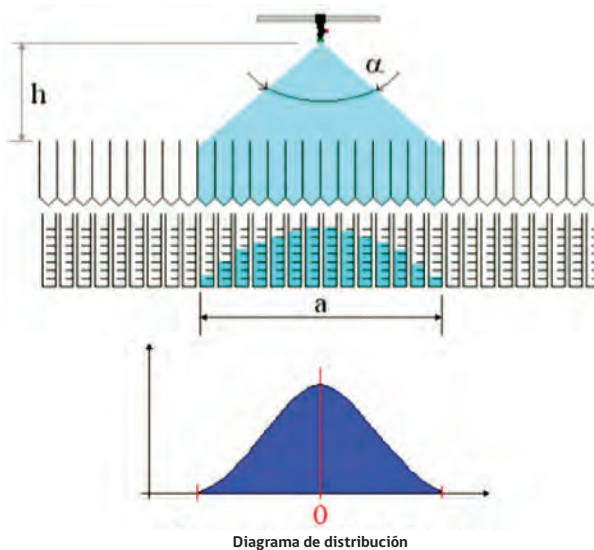


Figura 3.3. Diagrama de distribución de la boquilla abanico estándar.

Para lograr una distribución uniforme de la aplicación se requiere colocar otras boquillas en una barra de aplicación, separadas 50 cm entre ellas (d). La adecuada distribución, considerando el traslape (s) se obtiene trabajando a una altura (h) de 50 cm (**Figura 3.4**) y con una presión de 3 bar, que equivale aproximadamente a 43,5 lb/pulg², en inglés "pound square inch" (PSI).

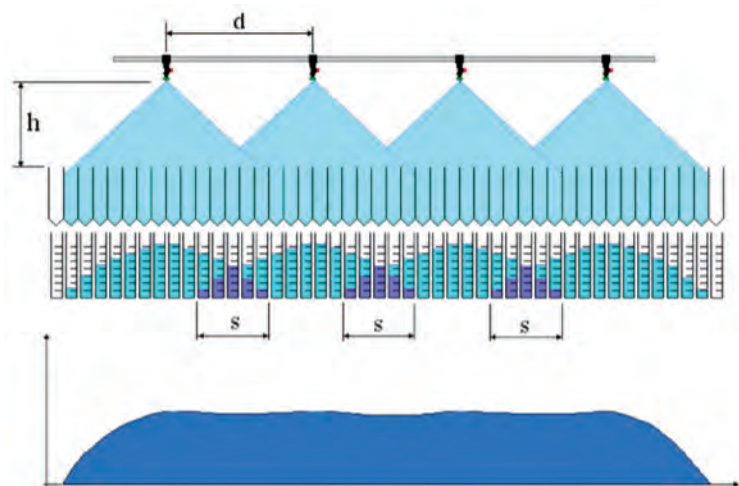


Figura 3.4. Diagrama de distribución de un conjunto de boquillas de abanico estándar.

En la aplicación se debe considerar que los abanicos no choquen entre ellos con el fin de no interferir el cubrimiento de la aplicación.

Las aplicaciones también deben interrumpirse cuando la velocidad del viento exceda los 6,5 km/h. Esto se puede verificar observando los árboles cercanos a la aplicación. Si en éstos el viento sólo logra mover las hojas todavía se está en una condición de aplicación, pero si también se mueven las ramas pequeñas la labor se debería suspender, ya que se incrementa la deriva, pérdida de producto que puede dirigirse a un lugar no deseado. En caso de viento permanente que supere los 6,5 km/h, existe como alternativa el uso de boquillas antideriva (**Figura 3.5**).

La boquilla antideriva es más larga que la anterior y posee un orificio lateral por donde ingresa aire, de esta manera las gotas salen de la boquilla infladas lo que les da un mayor peso, resistiendo el viento y cayendo en el sitio requerido.

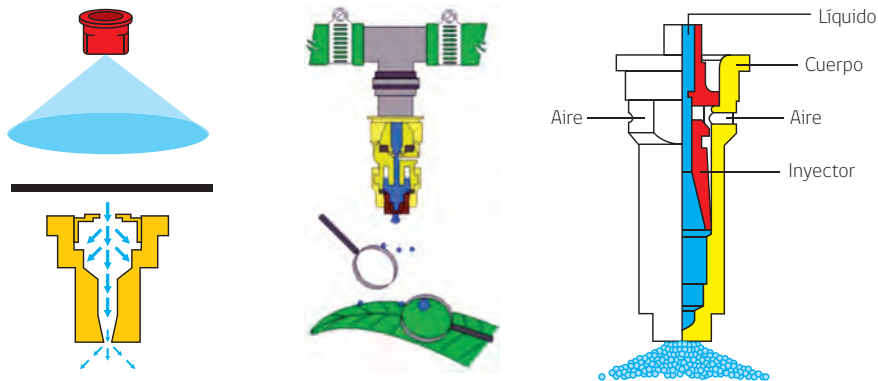


Figura 3.5. Boquilla de abanico antideriva, detalle del funcionamiento.

Para calibrar ambas boquillas se requiere conocer algunos datos como el ancho de aplicación de una boquilla, el caudal que entrega y la velocidad a la que se va desplazar en el lugar de la aplicación. De esta manera utilizando la siguiente fórmula es posible determinar el volumen equivalente que aplicará en una superficie de cultivo de una hectárea:

Cálculo de caudal de aplicación.

$$Q = \frac{q * 600}{a * v}$$

Donde Q = Volumen de aplicación (l/ha)

q = Caudal de la boquilla (l/min)

a = Ancho de aplicación de una boquilla (m)



v = Velocidad de trabajo (km/h)

600 = Constante que iguala unidades de medición diferente.

Por ejemplo, al utilizar una boquilla de color azul, trabajando a 3 bar de presión, debería arrojar un caudal promedio de 1,2 l/min (**Cuadro 3.1**). La variación del caudal en boquillas de un mismo tipo no debe exceder un 10% del caudal indicado por el fabricante.

Cuadro 3.1.

Caudal de boquillas en base al color y la presión.

| Code 110° |  bar |  l/min |
|-----------|--|--|
| SF11001 | 2 | 0,33 |
| | 2,5 | 0,37 |
| | 3 | 0,40 |
| | 3,5 | 0,43 |
| | 4 | 0,46 |
| SF110015 | 2 | 0,49 |
| | 2,5 | 0,55 |
| | 3 | 0,60 |
| | 3,5 | 0,65 |
| | 4 | 0,69 |
| SF11002 | 2 | 0,65 |
| | 2,5 | 0,73 |
| | 3 | 0,80 |
| | 3,5 | 0,86 |
| | 4 | 0,92 |
| SF110025 | 2 | 0,82 |
| | 2,5 | 0,91 |
| | 3 | 1,00 |
| | 3,5 | 1,08 |
| | 4 | 1,15 |
| SF11003 | 2 | 0,98 |
| | 2,5 | 1,10 |
| | 3 | 1,20 |
| | 3,5 | 1,30 |
| | 4 | 1,39 |
| SF11004 | 2 | 1,31 |
| | 2,5 | 1,46 |
| | 3 | 1,60 |
| | 3,5 | 1,73 |
| | 4 | 1,85 |

Fuente: International Organization for Standardization, ISO. Norma ISO 10.625 (2005).

El caudal de la boquilla azul no debería ser superior a 1,32 l/min ni inferior a 1,08 l/min. Si el caudal es superior quiere decir que se debe reemplazar esta boquilla por una nueva, por su parte si el caudal es inferior, probablemente exista falta de mantención en el equipo o la boquilla.

Cada vez que se realice la mantención de este elemento recuerde las siguientes recomendaciones:

- Nunca se lleve las boquillas a la boca.
- No utilice alambres ni agujas para la limpieza.
- Proteja sus manos con guantes cuando realice esta labor.
- Use un cepillo o brocha pequeña dedicado exclusivamente a este oficio o aire comprimido a baja presión (**Figura 3.6**).

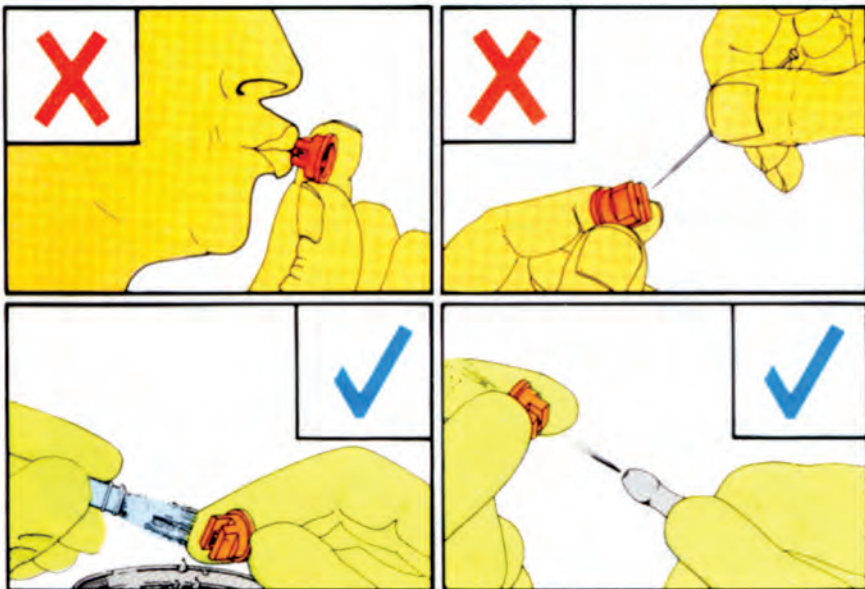


Figura 3.6. Recomendaciones universales respecto a la limpieza de una boquilla.

Suponiendo que en el ejemplo el caudal promedio obtenido de las boquillas es de 1,1 l/min, aún es necesario determinar la velocidad de aplicación del operador. Para ello se marca una distancia de 20 m y se mide en segundos el tiempo que demora en recorrer esta distancia, simulando una aplicación. Para esto es muy importante que el operador camine de la manera que habitualmente lo hace.

El recorrer los 20 m en 18 segundos equivale a una velocidad de 1,1 m/seg. Es necesario expresar la velocidad en km/h, para lo cual se debe multiplicar el valor obtenido por la constante 3,6, obteniéndose la velocidad de 4 km/h. Conociendo que el ancho de aplicación de estas boquillas es de 50 cm (0,5 m), al reemplazar los valores en la fórmula se obtiene:

$$Q = \frac{q * 600}{a * v} = \frac{1,1 * 600}{0,5 * 4} = 330 \text{ l/ha}$$

El volumen calculado es adecuado para la aplicación de un herbicida de preemergencia, pero ¿qué ocurre si el producto debe aplicarse con 200 l/ha? No se puede modificar la velocidad del operador el cual debe caminar a la velocidad que puede mantener durante todo el día de trabajo, por ello hay que utilizar la fórmula para determinar cuál es el caudal de boquilla (q) requerido para esta labor. Así:

$$Q = \frac{q * 600}{a * v} = \frac{200 * 0,5 * 4}{600} = 0,667 \text{ l/min}$$

El valor obtenido es 0,667 l/min, por lo tanto, a una presión de 3 bar la boquilla más próxima es la verde.

Calculando nuevamente el volumen de aplicación (Q), considerando la nueva boquilla verde, con un caudal de 0.6 l/min a 3 bar de presión, se obtiene:

$$Q = \frac{q * 600}{a * v} = \frac{0,6 * 600}{0,5 * 4} = 180 \text{ l/ha}$$

Los 180 l/ha es un volumen más cercano a los 200 litros y que probablemente al evaluar con papel hidrosensible logre una adecuada distribución.

Al utilizar una sola boquilla de abanico estándar en aplicaciones en bandas, regularmente se presentan problemas de falta de uniformidad. Para reducir estos efectos es posible utilizar una boquilla de abanico plano para aplicaciones en bandas y que normalmente funciona dentro de una pantalla (**Figura 3.7**). Esta boquilla cuenta con el inconveniente que abarca muy poco ancho de aplicación, entre 30 y 40 cm.

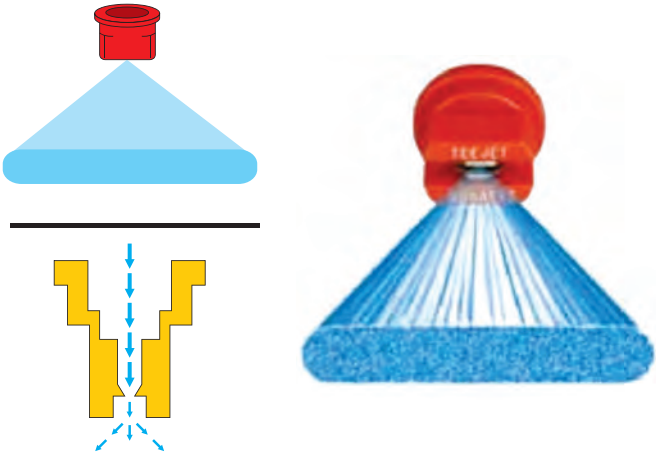


Figura 3.7. Boquilla de abanico plano uniforme.

Otra alternativa es utilizar boquillas deflectoras tipo espejo (**Figura 3.8**), las que pueden trabajar a menos presión (1,5 bar) y pueden cubrir en forma uniforme un ancho de trabajo cercano a 1 m. Lamentablemente en algunas marcas de boquillas los colores no corresponden a la norma ISO (**Cuadro 3.2**).

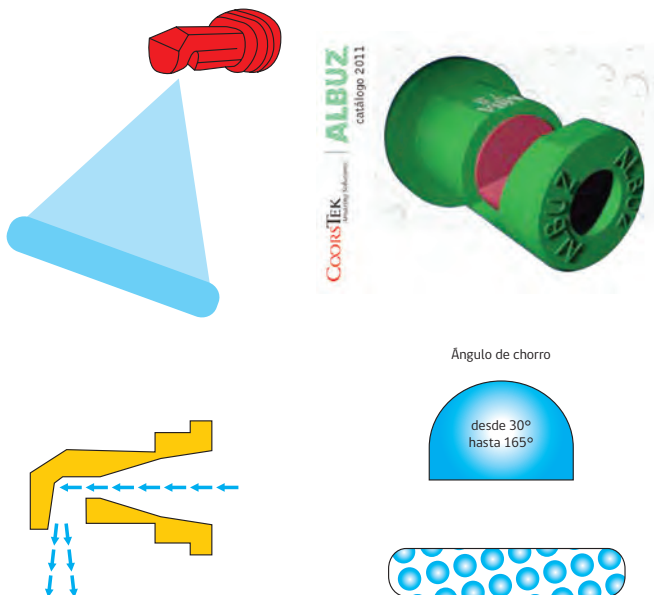


Figura 3.8. Boquilla deflectora tipo espejo.

Cuadro 3.2.

Caudal de las boquillas deflectoras (l/min), de acuerdo a la presión y el color de la boquilla.

| Bar | Amarilla | Naranja | Roja | Verde | Azul | Gris | Negra |
|-----|----------|---------|------|-------|------|------|-------|
| 0,5 | 0,39 | 0,64 | 0,97 | 1,30 | 1,62 | 2,30 | 3,00 |
| 1 | 0,55 | 0,91 | 1,37 | 1,84 | 2,29 | 3,25 | 4,24 |
| 1,5 | 0,67 | 1,12 | 1,68 | 2,25 | 2,80 | 3,98 | 5,19 |
| 2 | 0,78 | 1,29 | 1,94 | 2,60 | 3,23 | 4,60 | 6,00 |
| 2,5 | 0,87 | 1,44 | 2,17 | 2,90 | 3,61 | 5,14 | 6,70 |
| 3 | 0,95 | 1,58 | 2,38 | 3,18 | 3,96 | 5,63 | 7,34 |

Fuente: Solcera (2017).

De esta manera, una boquilla deflectora como la naranja trabajando a una presión de 1,5 bar, entregaría un caudal de 1,12 l/min. Con un ángulo de aplicación de 100 grados para este caso, bastaría sostener la boquilla a 40 cm del suelo para lograr un ancho de aplicación de 1 metro.

Con esta información y bajo las condiciones del ejercicio anterior es posible determinar el volumen de aplicación por hectárea del cultivo (Q).

$$Q = \frac{q * 600}{a * v} = \frac{1,12 * 600}{1 * 4} = 168 \text{ l/ha}$$

Probablemente con este volumen se lograría una buena efectividad en la aplicación. Si se requiere aplicar un mayor volumen se podría recurrir a una boquilla de mayor caudal. Por ejemplo, la boquilla deflectora roja que a 1,5 bar entrega un caudal de 1,68 l/min, con el cual el volumen de aplicación podría llegar cerca de 250 l/ha.

Cuando se efectúa una aplicación en banda no se pulveriza toda la superficie plantada, ya que la idea es controlar las malezas que se encuentran entre las hileras de las plantas. Por ejemplo, si se desea controlar las malezas que se encuentran entre las hileras de tomates plantados sobre mulch plástico a una distancia entre hileras (DEH) de 2 metros y el ancho de la banda a tratar en el centro de la entre hilera es de 1 m. **(Figura 3.9).**

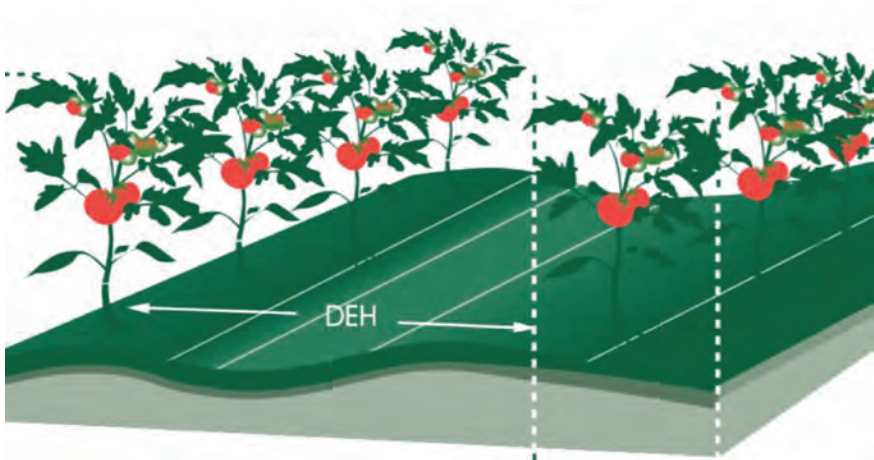


Figura 3.9. Esquema de una plantación de tomate.

Suponiendo que se utiliza la boquilla deflectora roja, trabajando a 1,5 bar, de acuerdo con los cálculos anteriores aplicaría un volumen equivalente al total de la superficie de 250 l/ha. Como sólo se pulverizará una parte de la entre hileras se debe efectuar un cálculo en base a la siguiente relación que explica el volumen o caudal de aplicación en banda (VAB):

$$VAB = \frac{AB * Q}{DEH}$$

Donde VAB= Volumen de aplicación en banda (l/ha)

AB = Ancho de la banda (m)

Q= volumen de aplicación (l/ha)

DEH = Distancia entre hileras de la plantación (m)

Utilizando los datos del ejemplo anterior se obtiene lo siguiente:

$$VAB = \frac{AB * Q}{DEH} = \frac{1 * 250}{2} = 125 \text{ l/ha}$$

Los 125 l/ha son la mitad del volumen requerido para la superficie total, por lo que la dosis del producto recomendado por hectárea deberá ser reducida en esta magnitud.

Inspección de boquillas y cálculo del caudal de aplicación para control de plagas y enfermedades

En este caso el implemento más recomendado es la boquilla de cono hueco (**Figura 3.10**), que genera un cono hueco y turbulento que ayuda a ingresar las gotas hacia el interior del follaje donde generalmente se localizan las plagas y enfermedades que se pretende controlar.

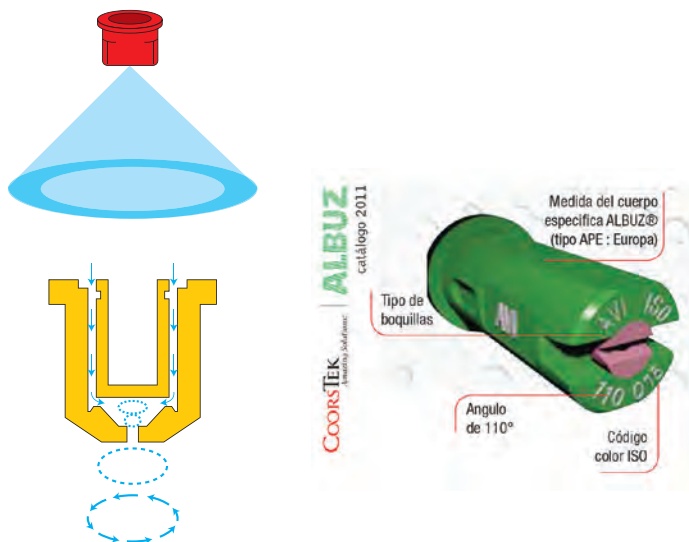


Figura 3.10. Boquilla de cono hueco.

El **cuadro 3.3** muestra el caudal de estas boquillas a diferentes presiones de trabajo, ordenadas por color el que aún no sigue la norma ISO de las boquillas de abanico estándar.

Cuadro 3.3.
Caudal de las boquillas de cono hueco.

| bar | l/mn | | | | | | | | | |
|-----|--------|------|----------|--------|---------|------|------|-------|-------|------|
| | Blanca | Lila | Amarilla | Marrón | Naranja | Roja | Gris | Verde | Negra | Azul |
| 5 | 0,27 | 0,26 | 0,48 | 0,73 | 0,99 | 1,38 | 1,50 | 1,78 | 2,00 | 2,45 |
| 6 | 0,29 | 0,39 | 0,52 | 0,80 | 1,08 | 1,51 | 1,63 | 1,94 | 2,18 | 2,67 |
| 7 | 0,32 | 0,42 | 0,56 | 0,86 | 1,17 | 1,62 | 1,76 | 2,09 | 2,35 | 2,87 |
| 8 | 0,34 | 0,45 | 0,60 | 0,92 | 1,24 | 1,73 | 1,87 | 2,22 | 2,50 | 3,06 |
| 9 | 0,36 | 0,48 | 0,64 | 0,97 | 1,32 | 1,83 | 1,98 | 2,35 | 2,64 | 3,24 |
| 10 | 0,38 | 0,50 | 0,67 | 1,03 | 1,39 | 1,92 | 2,08 | 2,47 | 2,78 | 3,40 |
| 11 | 0,39 | 0,52 | 0,70 | 1,07 | 1,45 | 2,01 | 2,17 | 2,58 | 2,90 | 3,56 |
| 12 | 0,41 | 0,55 | 0,73 | 1,12 | 1,51 | 2,09 | 2,26 | 2,69 | 3,03 | 3,71 |
| 13 | 0,43 | 0,57 | 0,76 | 1,17 | 1,57 | 2,17 | 2,35 | 2,79 | 3,14 | 3,85 |
| 14 | 0,44 | 0,59 | 0,79 | 1,21 | 1,63 | 2,25 | 2,43 | 2,89 | 3,26 | 3,99 |
| 15 | 0,46 | 0,61 | 0,81 | 1,25 | 1,69 | 2,33 | 2,51 | 2,99 | 3,36 | 4,12 |

Fuente: Solcera (2017).

El rango ideal de presión de trabajo de esta boquilla se encuentra entre 10 y 15 bar, pero en un pulverizador de mochila sólo se puede alcanzar 5 bar.

Tomando en cuenta este máximo (5 bar) y considerando como adecuado un caudal de 1,2 l/min, la boquilla idónea es la roja, ya que para esa presión muestra el valor más cercano de 1,38 l/min (**Cuadro 3.3**).

Para conocer el volumen a aplicar en una hectárea de cultivo, se debe marcar una distancia de 10 m en el predio (**Figura 3.11**), ubicar papel hidrosensible en el follaje de las plantas que han alcanzado tamaño medio y avanzar aplicando por ambos lados, completando 20 m². Se debe verificar que los papeles reciban una cantidad efectiva de gotas (**Figura 3.12**) comparándolos con el patrón de aplicación (**Figura 3.13**). La fila enmarcada con un rectángulo rojo señala la mejor aplicación, coberturas mayores sólo señalan exceso de mezcla.



Figura 3.11. Determinación del volumen de aplicación.



Figura 3.12. Chequeo papeles hidrosensibles.

Por ejemplo, si la boquilla seleccionada entrega 1,38 l/min y se logra un patrón de aplicación similar al adecuado, presentado en la **Figura 3.13**, recorriendo los 20 m² en 30 segundos, en esta área se estaría aplicando 0,69 l.

| Nº Gotas/ cm ² | % Cobertura | Referencia |
|------------------------------|----------------|------------|
| 85 | 10 | |
| 70 | 20 | |
| 60 | 30 | |
| 55 | 40 | |
| 40 | 50 | |

Figura 3.13. Plantilla de distribución de gotas sobre papel hidrosensible para comparar la efectividad de las pulverizaciones.

Para conocer el volumen a aplicar por hectárea se debe establecer una relación entre el volumen conocido (0,69 l) para el área determinada (20 m²) y la superficie total de una hectárea (10.000 m²)

$$\begin{array}{l} X \longrightarrow 10.000 \text{ m}^2 \\ 0,69 \text{ l} \longrightarrow 20 \text{ m}^2 \end{array}$$

Resolviendo la regla de tres se obtiene que el volumen requerido por hectárea es de 345 l.

Este volumen requerido a aplicar también se puede determinar en base al cálculo del volumen de vegetación (*Tree Row Volume*, TRV).

Para calcular el TRV en la superficie de una hectárea se aplica la siguiente relación:

$$\text{TRV} = \frac{\text{ADP} * \text{adp} * 10.000}{\text{DEH}}$$

Donde TRV = Volumen de vegetación (m³/ha)

ADP = Altura de las plantas (m)

adp = Ancho de la planta (m)

DEH = Distancia entre hileras

10.000 = Constante que iguala unidades de medición diferentes.

La **Figura 3.14** muestra un ejemplo de cómo determinar las dimensiones de las plantas para calcular el TRV.

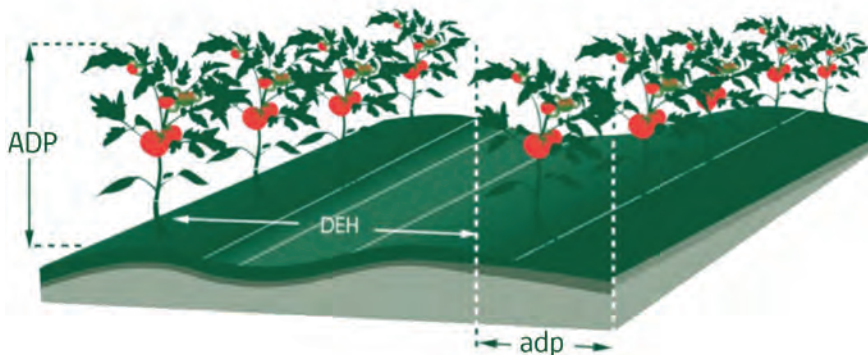


Figura 3.14. Mediciones a realizar en un huerto para determinar el volumen de vegetación (TRV).

De esta manera si la altura de las plantas fuera de 1m, el ancho de vegetación de 50 cm y la distancia entre hileras de 2 m.

Entonces:

$$TRV = \frac{ADP * adp * 10.000}{DEH} = \frac{1 * 0,5 * 10.000}{2} = 2.500 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Lo que indica este valor de TRV es que en una hectárea de cultivo, existen 2.500 m³ de vegetación.

Como paso siguiente para el cálculo de volumen de aplicación (VDA), es necesario definir la cantidad de agua a utilizar por cada 1.000 m³ de vegetación o índice de volumen (D), presentado en el **Cuadro 3.4**.

Cuadro 3.4.

Volumen de líquido a utilizar por cada 1.000 m³ de vegetación.

| Volumen de pulverización | Índice de volumen (L/1.000 m ³) = D |
|--------------------------|---|
| Muy alto | 120 |
| Alto | 100 |
| Medio | 70 |
| Bajo | 50 |
| Muy bajo | 30 |
| Ultra bajo | 10 |

Regularmente el tipo de equipo de aplicación, el producto a aplicar y la cantidad de follaje determinan el índice D, siendo para el caso de hortalizas generalmente 70l/1000 m³ de vegetación. Entonces se aplica la siguiente relación:

$$VDA = \frac{TRV * D}{1.000}$$

Donde VDA = Volumen de aplicación (l/ha)

TRV = Volumen de vegetación (m³/ha)

D = Dosis de volumen (l/ 1000 m³)

1.000 = Constante que iguala unidades de medición diferentes.

Reemplazando los valores resulta:

$$VDA = \frac{TRV * D}{1.000} = \frac{2.500 * 70}{1.000} = 175 \text{ l/ha}$$

Este volumen de 175 l/ha debe ser chequeado respecto de su distribución con papel hidrosensible.

Habiendo corroborado un adecuado tamaño de gota, se puede determinar el caudal necesario de la boquilla a través de la relación entre volúmenes y áreas conocidas.

$$175 \text{ l} \longrightarrow 10.000 \text{ m}^2$$

$$X \longrightarrow 20 \text{ m}^2$$

$$X = 0,35 \text{ litros}$$

Entonces, en 20 m² que se cubren en 30 segundos se aplican 0,35 litros, por lo tanto en un minuto son 0,7 l/min. En base a estos datos y lo indicado en el **Cuadro 3.3**, sería adecuado trabajar con una boquilla amarilla que a 5 bar de presión entrega un caudal de 0,73 l/ha.

3.2. Carros y carretillas de pulverización

Los carros y carretillas de pulverización son equipos con mayor capacidad de estanque, que pueden cubrir mayores superficies y otorgan una mayor autonomía, ya que tienen un motor de 5 a 10 HP y mangueras de 30 a 80 metros (**Figura 3.15**). Pueden trabajar con altos caudales y presiones en plantaciones hortícolas, invernaderos y lugares con densa vegetación.



Figura 3.15. Carro de pulverización de tiro manual 100 l.

Inspección general

En la inspección de estos equipos, lo mismo que las mochilas hay que revisar la hermeticidad de la tapa, que no existan fugas sobre el estanque y la correcta ubicación de los filtros, entre otras cosas.

El visor del manómetro debe tener un diámetro igual o superior a 63 mm (**Figura 3.16**). En este manómetro se aprecia claramente las unidades de presión indicando como máximo 20 bar.

En la **Figura 3.17** se observa un manómetro que no cumple con las especificaciones, tiene rangos de presión muy superior a los que se utilizan en los cultivos, y un tamaño menor al recomendado.

Con respecto a la manguera no deben presentar fugas, ya sean perforaciones o malas conexiones (**Figura 3.18**). También deberán estar correctamente rotuladas indicando la máxima presión que pueden resistir. En este caso muy inferior a la presión que se va a trabajar con ella (**Figura 3.19**).



Figura 3.16. Manómetro del tamaño correcto, fácil de leer la presión de trabajo.



Figura 3.17. Manómetro incorrecto no alcanza más de 63 mm de diámetro.



Figura 3.18. Fuga en la conexión de salida de la manguera.



Figura 3.19. Rotulación de mangueras.

Una evaluación que se debe realizar, es colocar un manómetro al final de la manguera y revisar que esta no genere una pérdida de presión superior a 0,1 bar por cada metro de manguera. Por ejemplo una manguera de 30 metros de largo no puede tener una pérdida de presión superior a 3 bar (**Figura 3.20**).



Figura 3.20. Evaluación de la pérdida de presión al final de la manguera.

Existen diferentes tipos de pistolas, lanzas y pitones, las que también pueden trabajar con diferentes boquillas de chorro y de cono (**Figura 3.21**). Esta pistola puede utilizar distintas boquillas como la Mitra-Top Gun (**Figura 3.22**), cuyo gasto se presenta como ejemplo en el **Cuadro 3.5**. Se recomienda no superar los 20 bar en las aplicaciones ya que de esta manera se gasta menos combustible y se trabaja con un tamaño apropiado de gotas.



Figura 3.21. Pistola Hydra (IMPAC).



Figura 3.22. Boquilla Mitra-Top Gun.

Cuadro 3.5.
Gasto de boquilla Mitra-Top Gun.

| Diámetro (mm) | Litros por minuto | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 15 bar | | 20 bar | | 30 bar | | 40 bar | | 45 bar | | 50 bar | |
| | Cono | Chorro | Cono | Chorro | Cono | Chorro | Cono | Chorro | Cono | Chorro | Cono | Chorro |
| 1,2 | 3,6 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,5 | 5,0 | 5,2 | 5,3 | 5,4 | 6,1 | 5,6 | 6,4 |
| 1,5 | 4,6 | 5,1 | 5,1 | 5,6 | 6,0 | 6,8 | 6,9 | 7,8 | 7,3 | 8,2 | 7,7 | 8,6 |
| 1,8 | 5,8 | 7,3 | 6,5 | 8,0 | 7,9 | 10,0 | 9,2 | 11,5 | 9,7 | 12,2 | 10,3 | 12,8 |
| 2,0 | 6,9 | 8,8 | 7,5 | 9,6 | 9,1 | 11,9 | 10,9 | 13,8 | 11,7 | 14,9 | 12,4 | 15,7 |
| 2,5 | 9,2 | 13,0 | 1-,1 | 14,6 | 12,4 | 18,2 | 14,5 | 20,7 | 15,4 | 21,9 | 16,3 | 23,1 |
| 3,0 | 11,5 | 18,4 | 12,9 | 21,2 | 15,9 | 25,6 | 18,8 | 30,0 | 19,6 | 31,6 | 20,9 | 23,2 |

Fuente: Impac, 2016.

Cálculo del caudal de aplicación

Para calibrar el equipo al igual que las boquillas de cono hueco de las mochilas se requiere medir el caudal que entrega la boquilla a una presión conocida. Por ejemplo, si la boquilla tiene un orificio de 1,2 mm a 15 bar de presión debería entregar un caudal cercano a 3,6 l/min al aplicar un cono. Se acepta que el caudal pueda variar en un 10%. Si la boquilla entrega un caudal superior a 3,96 l debe ser reemplazada, si el caudal es inferior a 3,24 l, puede ser un problema de mantención. Para medir el caudal de la boquilla se puede utilizar un balde de 20 litros cubierto por un plástico, con un calado que permita el ingreso de la pistola (**Figura 3.23**). Se recoge durante un minuto y en este caso se obtuvo 3,4 l.



Figura 3.23. Medición del caudal de la boquilla de un pitón.

Luego el operador debe efectuar una simulación de aplicación sobre las plantas en 10 m, ida y vuelta (**Figura 3.24**). Por ejemplo, se demoró 15 segundos, esto corresponde a $\frac{1}{4}$ de minuto, por lo tanto el volumen aplicado correspondería a 0,85 l en una superficie de 20 m² entonces:

$$\begin{array}{l} 0,85 \text{ l} \longrightarrow 20 \text{ m}^2 \\ X \longrightarrow 10.000 \text{ m}^2 \\ X = 425 \text{ l/ha} \end{array}$$

Por lo tanto, se deberá aplicar un volumen de 425 l/ha. Para calcular el volumen de aplicación de estos equipos se siguen los pasos mencionados para el pulverizador de mochila.



Figura 3.24. Determinación de volumen de aplicación.