

Capítulo 10

Regulación de equipos pulverizadores

Homer, I.; Olivet, J.; Riquelme J.

- 10.1. INTRODUCCIÓN
- 10.2. TASA DE APLICACIÓN Y TAMAÑO DE LAS GOTAS
- 10.3. PROCEDIMIENTO PARA LA REGULACIÓN DE EQUIPOS PULVERIZADORES
 - 10.3.1. CONTROL ESTÁTICO
 - 10.3.2. CONTROL DINÁMICO
 - 10.3.3. REGULACIÓN
 - 10.3.3.1. TASA DE APLICACIÓN
 - 10.3.3.2. CAUDAL DE APLICACIÓN
 - 10.3.3.3. ANCHO DE TRABAJO
 - 10.3.3.4. VELOCIDAD DE AVANCE
- 10.4. REGULACIÓN DE EQUIPOS PULVERIZADORES DE BARRA PARA CULTIVOS BAJOS CON REGULADOR DE PRESIÓN CONSTANTE Y REGULADOR DE CAUDAL PROPORCIONAL A LA VELOCIDAD DEL MOTOR
 - 10.4.1. DEFINICIÓN DE LA TASA DE APLICACIÓN
 - 10.4.2. ANCHO DE TRABAJO
 - 10.4.3. VELOCIDAD DE AVANCE
 - 10.4.4. ELECCIÓN DE LA BOQUILLA Y DE LA PRESIÓN DE TRABAJO
- 10.5. PROCEDIMIENTO DE REGULACIÓN PARA PULVERIZADORES CON REGULADOR DE CAUDAL PROPORCIONAL A LA VELOCIDAD DE AVANCE
- 10.6. ASPECTOS PUNTUALES PARA EQUIPOS DE ESPALDA O MOCHILAS
- 10.7. REGULACIÓN DE EQUIPOS PULVERIZADORES NEUMÁTICOS E HIDRONEUMÁTICOS PARA FRUTALES
 - 10.7.1. REGULACIÓN DEL AIRE
 - 10.7.1.1. REGULACIÓN DE LOS DEFLECTORES (DIRECTRICES) DE AIRE
 - 10.7.2. REGULACIÓN HIDRÁULICA
- 10.8. VOLUMEN DE LA FILA DE ÁRBOLES (TRV)
- 10.9. REFERENCIAS CONSULTADAS

10.1. Introducción

Se entiende por regulación de un equipo pulverizador a los procedimientos de ajuste para lograr la distribución de la tasa exacta de un agroquímico con la mayor homogeneidad posible sobre un blanco determinado.

Según el Diccionario de la Real Academia Española, regulación significa *“Ajustar el funcionamiento de un sistema a determinados fines”*. También es muy frecuente el uso de la palabra calibración para identificar los procedimientos de ajuste de las máquinas pulverizadoras, probablemente debido a la traducción literal de textos de habla inglesa. Sin embargo, por calibración se entiende *“Ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con los valores de la magnitud que ha de medir”*. Vistas estas definiciones, el término regulación sería el más adecuado a los asuntos que a este capítulo conciernen.

El blanco por alcanzar puede estar más o menos expuesto a la pulverización. En algunos casos, como las aplicaciones con herbicidas pre-emergentes o aquellas realizadas sobre un cultivo herbáceo de poco desarrollo, la aplicación se puede orientar a obtener la distribución homogénea de la tasa deseada por unidad de superficie. En estas situaciones es relativamente fácil obtener buenos resultados, tanto en distribución como en eficacia y contaminación reducida.

Sin embargo, generalmente el blanco es tridimensional, por lo cual el objetivo debe ser, además, lograr la penetración dentro del follaje. Peor aún, muchas plagas se desarrollan en el envés de las hojas, lugar que en ocasiones es inalcanzable por la pulverización.

Cuando se pretende regular un equipo pulverizador se suponen conocidos algunos aspectos:

- existe un problema fitosanitario a resolver, se sabe sobre los agroquímicos adecuados, los coadyuvantes necesarios y las dosis recomendadas,

- se ha elegido el tipo de equipo pulverizador,
- se ha decidido la tasa de aplicación ($L \cdot ha^{-1}$ de caldo),
- se ha decidido el tipo de boquilla de pulverización a usar,
- se ha decidido el tamaño de gotas a emplear.

Si lo anterior está resuelto, la regulación es ya un problema menor.

10.2. Tasa de aplicación y tamaño de las gotas

Existe abundante información sobre qué agroquímico utilizar y sus respectivas dosis. Las empresas que fabrican y comercializan estos productos realizan los ensayos necesarios para determinar las dosis más adecuadas para cada cultivo y plaga. Los centros de investigación mantienen programas permanentes de evaluación de productos y generan información independiente que garantiza su desempeño en condiciones locales. Las autoridades exigen ensayos para el registro de los productos en cada país. Así aparecen en la etiqueta las dosis recomendadas para cada situación.

Sin embargo, la recomendación sobre tasa de aplicación, tamaño de gotas a utilizar y densidad de impactos necesaria es una información pocas veces disponible, ya que no se exigen ensayos para su determinación. A veces, cuando se dispone de la información en la etiqueta, ésta se encuentra desactualizada, no ha sido generada para ese producto, o simplemente no ha sido avalada a través de la experimentación.

Por citar un ejemplo, bajo el apartado “Método de Aplicación”, en la etiqueta de un producto se establece como único comentario.

“Se puede aplicar con equipos terrestres de alto o bajo volumen o con equipos aéreos”

Poco se puede hacer con esta información. En otra etiqueta correspondiente a un herbicida se lee:

“Pulverizadores terrestres; los pulverizadores deben estar provistos de barra pulverizadora dotada de boquillas de abanico plano, el consumo de estos equipos suele oscilar entre 80 y 100 L.ha⁻¹ correspondiendo que el mismo sea verificado a una marcha regular (8-10 km.h⁻¹) controlando simultáneamente el funcionamiento de la bomba y que la misma tenga una presión constante (30 – 40 lbs/pulg²)”.

Este tipo de información, algo más detallada, proviene de una época en que la única boquilla diferente a la de cono hueco era la de abanico plano convencional. Las aplicaciones terrestres eran lentas, porque no había equipos autopropulsados que trabajaran a más de 15 km.h⁻¹. La baja presión de trabajo indica la preocupación de no producir gotas demasiado finas.

Yendo a ejemplos más modernos, se puede hallar este tipo de información, aunque no con demasiada frecuencia:

“Aplicar con volúmenes de agua entre 80 y 120 L.ha⁻¹ (15 a 30 L.ha⁻¹ en aplicación aérea). Cobertura de 20 a 30 gotas cm⁻². Tamaño de gotas de 400 a 600 μm”

Para asegurar la efectividad de una aplicación, el fabricante del producto debería aportar los siguientes datos:

- tasa de aplicación mínima y máxima relacionada con el desarrollo del cultivo o maleza;
- tamaño de gotas según clasificación internacional;
- densidad de impactos por cm⁻².

Si dicha información estuviera disponible en la etiqueta, la regla general debería ser el cumplimiento de las instrucciones. En los países latinoamericanos no es obligatorio aplicar a las tasas indicadas en la etiqueta, pero salvo mejor información, deberá tomarse ésta como punto de partida. Lamentablemente, al momento de decidir cómo realizar una aplicación es el usuario quien debe tomar la mayoría de las decisiones.

A pesar de lo expuesto, se han desarrollado algunos métodos para la determinación de la tasa de aplicación, sobre todo en frutales, donde la cobertura y la penetración ofrecen mayores dificultades. Dentro de ellos, el más usado es el TRV (*Tree Row Volume*, o volumen de la fila de árboles).

Con respecto a las gotas, cuando se hace referencia a su tamaño en forma cualitativa deben utilizarse las categorías aceptadas internacionalmente. A esos efectos, la norma ASAE S572 establece las boquillas de referencia (con su respectiva presión de trabajo) que separan las diferentes categorías en: muy finas, finas, medias, gruesas, muy gruesas y extremadamente gruesas.

Como se mencionó en capítulos anteriores, los ensayos de laboratorio suelen indicar mayor eficacia de los agroquímicos con menor tamaño de gotas. Sin embargo, a nivel de campo no se verifican los mismos resultados. Son excepcionales las condiciones meteorológicas en las cuales podría aceptarse una aplicación con gotas muy finas. Por otro lado, las propiedades aerodinámicas de las gotas finas o muy finas determinan una rápida pérdida de velocidad una vez que salen de las boquillas, y su trayectoria queda dependiente de la intensidad y dirección del flujo de aire existente.

Cuando se observan ensayos donde se cuenta el número de gotas recolectado en diferentes partes de los cultivos a distintas alturas o profundidades, es frecuente notar que su densidad espacial es mayor cuanto más pequeñas son. Estos resultados inducen al investigador a concluir sobre las ventajas de su empleo. Sin embargo, unas pocas gotas gruesas o muy gruesas podrían estar conteniendo una dosis de agroquímico mucho mayor al contenido en el depósito de gotas finas.

Tabla 10.1. Densidad de impactos y recuperación obtenida sobre hojas de soja con dos boquillas de diferente tamaño de gotas.

Boquilla	Presión (bar)	DMV (μm)	Clasificación (ASAE S572)	Deposición ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	Impactos cm^{-2}
AI11003*	4	532	muy gruesas	0.1296	19,8
DG11003*	4	301	Medias	0.1043	39,8

*Boquillas de abanico plano con inducción de aire y preorificio marca Teejet.

En la Tabla 10.1 se observa que, a pesar de que la boquilla de gotas medias obtiene el doble número de impactos, esto no se ve reflejado en la cantidad depositada. El tamaño de gotas es el principal factor que debe considerarse por su importancia en la sustentabilidad de las aplicaciones de agroquímicos.

Con respecto a la densidad de impactos por unidad de superficie existen recomendaciones generales que ya fueron mencionadas. Éstas pueden ser de utilidad cuando se emplean sobre blancos planos perpendiculares a la proyección de las gotas y sin obstáculos entre las boquillas y el colector. Cuando los colectores se colocan dentro del follaje o se usan las mismas hojas del cultivo como colectores, los valores obtenidos suelen ser notoriamente inferiores. En este caso, los valores de referencia pasan a tener poco valor como orientación.

10.3. Procedimiento para la regulación de equipos pulverizadores

Previo a la regulación del equipo, resulta necesario verificar que éste se encuentre en condiciones adecuadas para su empleo, tanto en los aspectos funcionales como de seguridad.

10.3.1. Control estático

El procedimiento de control es similar a la inspección del equipo pulverizador realizada por organismos certificadores públicos o privados, pero llevada a cabo por el usuario.

Esta "autorevisión" tiene la finalidad de mantener al equipo en condiciones operativas durante cada ciclo productivo. Para ello es necesario seguir una rutina que contemple el control de la presencia y el estado de los elementos de seguridad y las partes mecánicas.

10.3.2 Control dinámico

Continuando con la autorevisión, se debe llevar a

cabo un control dinámico para asegurar la funcionalidad y armonización del conjunto tractor-equipo pulverizador.

En este sentido, se deberá verificar el funcionamiento del circuito hidráulico, para lo cual se desactiva la válvula reguladora de presión y se pone en marcha el equipo a un régimen bajo, a fin de observar el comportamiento de las partes mecánicas y detectar posibles pérdidas de líquido. En caso de tratarse de un pulverizador hidroneumático debe desconectarse el ventilador previamente.

A continuación se coloca el pulverizador al régimen y presión de trabajo aconsejados. En los pulverizadores de barras, el régimen de trabajo suele ser menor a las $540 \text{ v}\cdot\text{min}^{-1}$ de la toma de potencia. Debido a la baja potencia requerida por la bomba, la operación a un régimen inferior permite ahorro de combustible, siempre que la reducción del caudal de la bomba no afecte al caudal de las boquillas y al funcionamiento del sistema de agitación.

Luego se verifica el funcionamiento del regulador de presión y que la presión se mantenga constante al cerrar o abrir sectores o arcos de pulverización. Se deberá observar el correcto funcionamiento de boquillas y válvulas antigoteo. Para este procedimiento se debe contar con un manómetro de adecuada precisión y sensibilidad. En el caso de las máquinas pulverizadoras de barra se debe verificar que el caudal de cada una de las boquillas no sobrepase en más o en menos el 10% del caudal original de la boquilla para la presión correspondiente.

En los pulverizadores hidroneumáticos, verificar que la toma de potencia del tractor alcance el régimen de $540 \text{ v}\cdot\text{min}^{-1}$ bajo carga, es decir, con el ventilador conectado y a la presión de servicio definida. Para este procedimiento se emplea un tacómetro óptico que permite controlar, a su vez, el funcionamiento del tacómetro del tractor.

10.3.3. Regulación

Para regular el equipo pulverizador se debe contar con información sobre éste y el cultivo. Los factores que permiten ajustar los requerimientos del cultivo con las prestaciones del equipo están vinculados en las siguientes expresiones:

$$Q = \frac{Q_t \times 600}{A \times V} \quad \text{Ecuación 10.1}$$

Donde:

Q: tasa de aplicación ($L \cdot ha^{-1}$)

Q_t: caudal total de boquillas ($L \cdot min^{-1}$)

A: ancho de trabajo (m)

V: velocidad de avance ($km \cdot h^{-1}$)

600: factor de conversión de unidades

10.3.3.1. Tasa de aplicación

La tasa de aplicación está relacionada con la buena cobertura del producto sobre el blanco a tratar. La mayor complejidad de distribución del producto se presenta en los huertos frutales. Debido a la dificultad para determinar la tasa de aplicación en árboles, se han desarrollado métodos de cálculo. El más usado es el TRV.

10.3.3.2 Caudal de aplicación

Es el caudal entregado por todas las boquillas en la barra, o bien por el arco de pulverización independientemente de su distribución. Se mide con

jarras graduadas (Figura 10.1.A y B) u otro sistema similar.

10.3.3.3. Ancho de trabajo

También llamado ancho operativo, coincide aproximadamente con la longitud de la barra en equipos pulverizadores para cultivos bajos, y se calcula multiplicando el número de boquillas por su espaciamiento. En el caso de los frutales suele ser la distancia entre hileras, pero ello dependerá de que se aplique hacia uno o dos lados del equipo en todas las filas o en filas alternadas.

10.3.3.4. Velocidad de avance

La velocidad de avance se define de acuerdo con las características del equipo pulverizador y del caudal de las boquillas, con el objeto de aplicar la tasa recomendada. En los equipos hidroneumáticos, la velocidad tendrá un papel fundamental en las prestaciones del ventilador y deberá adecuarse para que éste pueda reemplazar en forma correcta el aire del interior del árbol por el agroquímico pulverizado.

Los datos resultantes de este proceso de regulación deben registrarse identificando el equipo pulverizador. Resulta práctico confeccionar, además, una ficha resumen de la regulación para que el operario pueda encontrar en ella los parámetros a verificar previo a cada aplicación.

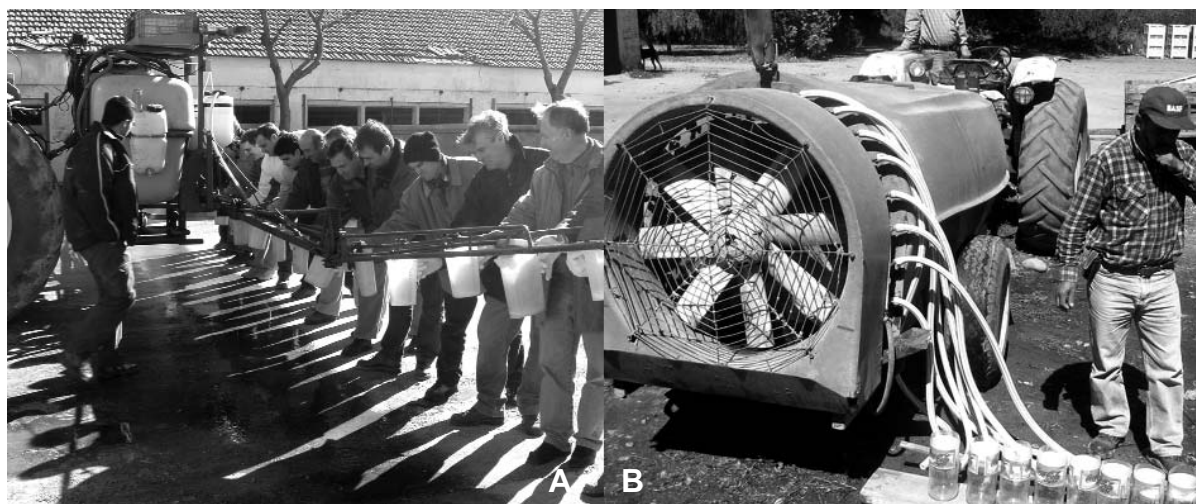


Figura 10.1: A) Regulación de una máquina pulverizadora de barras; B) Regulación de un equipo pulverizador hidroneumático para frutales

10.4. Regulación de equipos pulverizadores de barra para cultivos bajos con regulador de presión constante y regulador de caudal proporcional a la velocidad del motor

El equipamiento necesario para proceder a la regulación de una pulverizadora es el siguiente: cinta métrica, probetas o jarras graduadas de 1 ó 2 litros y cronómetro. Una sola persona mínimamente adiestrada puede llevar a cabo la regulación.

Las relaciones de utilidad al momento de la regulación son:

$$Q_t = \frac{Q \times A \times V}{600} \quad \text{Ecuación 10.2}$$

$$\text{Cantidad de agroquímico a diluir} = \frac{C}{Q} \times \text{dosis} \quad \text{Ecuación 10.3}$$

Donde:

C: capacidad del tanque de la máquina pulverizadora (L)

10.4.1. Definición de la tasa de aplicación

Tomando en cuenta la información de la etiqueta y las recomendaciones técnicas se define la tasa de aplicación.

10.4.2. Ancho de trabajo

Se determina multiplicando el número de boquillas por la distancia entre ellas.

10.4.3. Velocidad de avance

En función de las condiciones operativas y técnicas se establece la velocidad de aplicación. Se selecciona una marcha que permita compatibilizar el rendimiento del equipo con la estabilidad del botalón y la seguridad en el trabajo. La selección de la marcha del tractor deberá realizarse en el campo a tratar. Si el equipo está dotado de una bomba de caudal elevado no será necesario trabajar con la toma a 540 v.min⁻¹. Es posible ahorrar combustible usando un cambio más largo y reduciendo la velocidad de giro del motor. Además, se contará con un menor nivel de ruido del tractor.

Para verificar esa velocidad real de trabajo se determina el tiempo empleado en recorrer una distancia conocida.

10.4.4. Elección de la boquilla y de la presión de trabajo

A partir de la velocidad real de trabajo y mediante la ecuación 10.2 se calcula el caudal que deben entregar las boquillas, (*q*). Con la ayuda de las tablas de selección de boquillas suministradas por el fabricante se elige una de acuerdo con el caudal calculado. Para ello se debe compatibilizar la presión y el caudal seleccionados con el tamaño de gotas requerido para el tratamiento y las condiciones de trabajo.

El caudal de la boquilla debe ser verificado en condiciones de trabajo mediante el empleo de caudalímetros o jarras graduadas (Figura 10.1.A).

La tasa de aplicación determinada no debería diferir mucho de aquella prevista al elegir la boquilla. Sin embargo, si hubiera necesidad de ajustarla se podrían utilizar las siguientes opciones:

- Si la diferencia entre la tasa deseada y la observada fuera menor a 10%, la forma más sencilla de ajuste sería modificar la presión.

$$\text{Visto que: } \left(\frac{Q_o}{Q_1} \right)^2 = \left(\frac{P_o}{P_1} \right) \quad \text{Ecuación 10.4}$$

si $Q_o/Q_1 = 1,1$ entonces $P_o/P_1 = 1,21$

Donde:

Q_o: Tasa de aplicación deseada

Q₁: Tasa de aplicación observada

P_o: Presión deseada

P₁: Presión observada

Un ajuste de la tasa de aplicación en un 10% implica una variación máxima de presión del 21% y en el DMV menor al 5%. De cualquier manera, debe observarse que dicha modificación se encuentre dentro del rango recomendado de uso, según las tablas del fabricante de las boquillas.

- Si la tasa fuera un 10% mayor a la deseada, también puede ajustarse mediante la reducción del régimen del motor, lo que modificará la velocidad de avance.

En este caso se debe considerar que esta reducción del régimen no comprometa el caudal que la bomba destina a las boquillas y al retorno.

- Si la diferencia entre la tasa deseada y la observada superara el 20%, la mejor manera de ajuste sería el cambio de boquilla por otra de caudal adecuado.

10.5. Procedimiento de regulación para pulverizadores con regulador de caudal proporcional a la velocidad de avance

La mayor parte de los equipos empleados en agricultura están dotados de reguladores de caudal electrónicos proporcionales a la velocidad de avance. De esa forma, una vez que el operador elige la tasa de aplicación en la computadora del equipo, el regulador varía la presión de trabajo para adaptarse a los cambios de velocidad de avance dados por la topografía (bordes, árboles, zanjas) o por el operador. Al ser de velocidad variable, el procedimiento anterior es de escaso o nulo valor.

No existen procedimientos consensuados para la verificación de la proporcionalidad del caudal con la velocidad de avance. Sin embargo, en los equipos con regulador de caudal proporcional al avance se debe verificar que:

- los sensores de velocidad, caudal y presión han sido calibrados. Los fabricantes proveen procedimientos detallados para su calibración;
- la respuesta del sistema frente a cambios de velocidad o apertura y cierre de sectores es suficientemente rápida para que las variaciones localizadas en la tasa de aplicación ocupen la menor área posible del campo bajo tratamiento.

La norma EN 12761-2:2001 establece que a los siete segundos luego de haber abierto o cerrado sectores de la barra o haber modificado la velocidad de avance, la tasa de aplicación no puede variar en más de un 10% con respecto a la deseada. Además, las desviaciones aceptables de la tasa de aplicación son de un máximo de 6% para la

desviación media y de un 3% para el coeficiente de variación luego de siete determinaciones consecutivas.

Dilución del agroquímico en el tanque

A través de la ecuación 10.3 se calcula la cantidad de agroquímico a diluir en el tanque de la máquina pulverizadora.

Con el equipo en marcha y el tanque cargado por la mitad con agua se procede a realizar la dilución del o los agroquímicos en el siguiente orden:

- 1°) líquidos solubles,
- 2°) polvos mojables,
- 3°) concentrados emulsionables,
- 4°) emulsiones,
- 5°) coadyuvantes.

Posteriormente se completa la capacidad del tanque.

10.6. Aspectos puntuales para equipos de espalda o mochilas

En equipos portátiles, como sería el caso de bombas de espalda o mochilas, las regulaciones deben priorizar la comodidad del operario. Tanto la toma de tiempo al recorrer la distancia prefijada como la medida de la descarga de la boquilla deben realizarse en un régimen tal que el operario pueda mantener su ritmo en el tiempo sin fatigarse. El resto del procedimiento de regulación es el mismo que para los equipos de barra utilizados en cultivos bajos.

Si se requiere pulverizar un viñedo o un huerto frutal con mochila, ésta se puede regular mediante el siguiente método:

- 1- Efectuar una aplicación con agua sobre diez plantas y verificar la cobertura con papel hidrosensible.
- 2- Medir el volumen de líquido utilizado volviendo a completar el tanque.
- 3- Con los valores obtenidos se determina la tasa de aplicación.
- 4- En función de la dosis de producto químico recomendado por hectárea, determinar la cantidad de producto que se requiere mezclar por tanque.

10.7. Regulación de equipos pulverizadores neumáticos e hidroneumáticos para frutales

Los equipos neumáticos e hidroneumáticos presentan una doble regulación. En primer lugar, se debe definir la velocidad de avance para poder entregar la cantidad de aire necesario que reemplace el aire del interior del árbol por el nuevo cargado con el agroquímico (Ecuación 9.4). Luego, debe elegirse una marcha del tractor que pueda suministrar la velocidad de avance para un régimen de 540 v.min⁻¹ en la toma de potencia. Posteriormente, y con la velocidad definida por las posibilidades del tractor, se regula el sistema hidráulico.

10.7.1. Regulación del aire

Los pulverizadores permiten regular el caudal a través del grupo multiplicador, ángulo de las palas, predistribuidor y la dirección del flujo por medio de deflectores. La regulación del aire es tan importante como la de la parte hidráulica, ya que éste será el encargado de llevar la gota hasta el lugar de destino. Una baja cantidad de aire o un mal direccionamiento generarán pérdidas o deficiencias en la aplicación.

Las posibilidades de regulación dependerán de los equipos pulverizadores. En el caso de los más antiguos sólo se podrá conectar y desconectar el ventilador.

En la Tabla 10.2 se muestra la información de caudal de aire de un equipo moderno, con sus variaciones para dos regulaciones de multiplicador y cuatro regulaciones de los álabes. Además, me-

dante el ajuste del ancho de la salida de aire se pueda regular su velocidad entre 18 m.s⁻¹ y 38 m.s⁻¹. Con los datos presentados en la Tabla es posible ajustar la velocidad de avance con menos limitaciones operativas.

10.7.1.1. Regulación de los deflectores (directrices) de aire

La forma más fácil de comprobar hacia dónde va dirigido el aire es colocar cintas plásticas en el arco de la máquina, de modo que al hacer funcionar el ventilador quede definida la dirección del flujo de aire (Figura 10.2.A).

Otro método de regulación de los deflectores es el uso de banderillas en un mástil junto al árbol, como se puede apreciar en la Figura 10.2.B. De esta manera puede definirse en forma práctica un perfil anemométrico acorde a las necesidades.

10.7.2. Regulación hidráulica

Posteriormente a determinar la velocidad de trabajo se definirá el caudal apropiado de las boquillas según la ecuación 10.2. El valor de la tasa de aplicación será determinado por un método de estimación (TRV) detallado más adelante.

Con la información obtenida en el procedimiento anterior se seleccionan las boquillas y la presión de trabajo según las tablas entregadas por el fabricante. Para lograr una distribución uniforme de depósitos sobre el árbol, las boquillas deberán entregar caudales diferenciales según la posición en que se encuentren en el arco y su área de cobertura (Figura 10.3).

Tabla 10.2 Caudales de aire disponibles en un equipo moderno (Fuente: Adaptado de Teyme, 2009).

Posición álabes		A		B		C		D	
Velocidad multiplicador		I	II	I	II	I	II	I	II
RPM									
350	m ³ .h ⁻¹	25.100	34.100	35.100	44.300	39.900	49.500	47.000	59.800
400	m ³ .h ⁻¹	29.800	38.200	40.800	50.500	45.600	56.700	52.500	70.000
450	m ³ .h ⁻¹	34.500	45.100	47.500	56.000	52.800	64.100	63.100	78.200
500	m ³ .h ⁻¹	37.000	48.300	52.600	64.200	59.900	72.100	68.400	86.300
540	m ³ .h ⁻¹	39.300	53.800	57.100	68.500	62.900	77.300	73.600	94.500

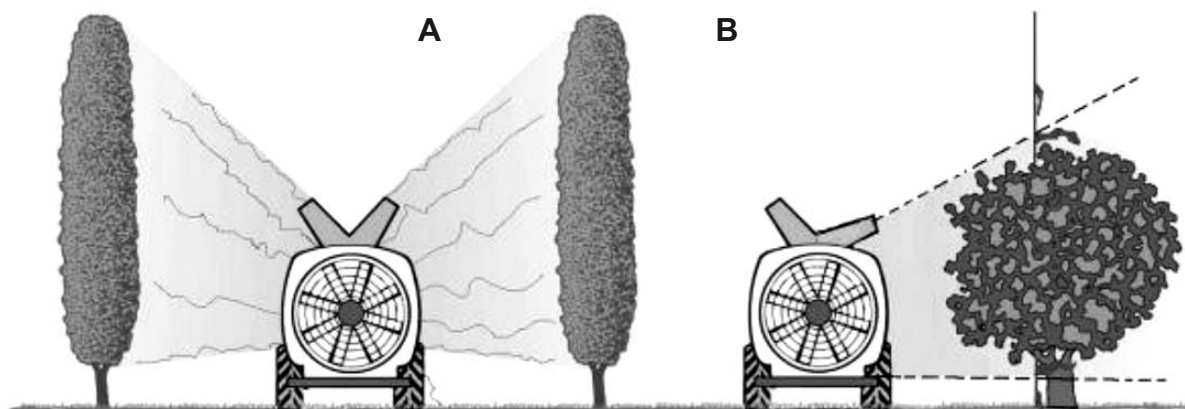


Figura 10.2. Visualización de la dirección del aire: A) Mediante cintas colocadas en la máquina; B) Mediante banderillas colocadas en el árbol.

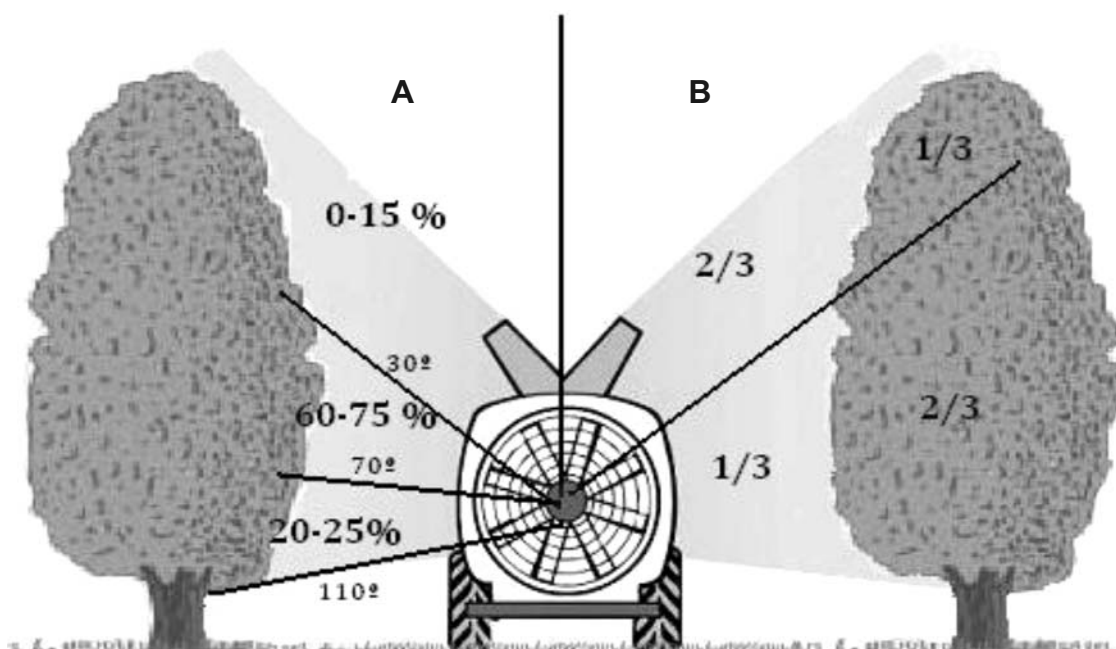


Figura 10.3. Dos opciones de distribución del caudal de las boquillas: A) La parte central del arco entrega más caudal; B) Al tercio superior del árbol van dos tercios del caudal y a la parte media baja del árbol va un tercio del caudal.

Las variaciones en la presión de trabajo para lograr una mayor penetración del producto no son justificables en este tipo de máquinas, ya que dicha función le está asignada a la corriente de aire.

Por último, la regulación global de la máquina debe realizarse en terreno. Para evaluar la calidad de la aplicación se pueden utilizar papeles hidrosensibles u otros métodos, poniendo énfasis en los sectores altos e internos del árbol (Figura 10.4).

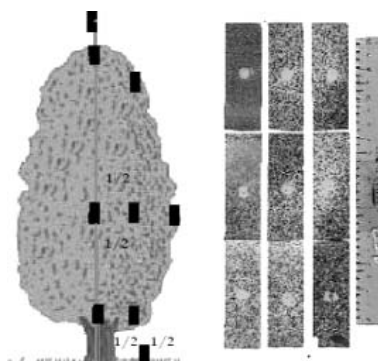


Figura 10.4 Distribución de papeles hidrosensibles en el árbol

10.8. Volumen de la fila de árboles (TRV)

En frutales, la dosis de agroquímico por hectárea queda determinada por la tasa de aplicación (Q), dado que la cantidad de producto indicada en las etiquetas viene expresada en concentración, ya sea en gramos o mililitros cada 100 litros de caldo. Este panorama es muy diferente de los cultivos agrícolas.

Las grandes variaciones entre especies, marco de plantación y densidad del follaje en los montes frutales han determinado la necesidad de desarrollar métodos específicos de cálculo de esa tasa.

El más usado es el TRV, por el cual se considera a la fila de árboles como una caja de un volumen determinado, donde cada metro cúbico debe ser tratado con una cantidad específica de líquido (Figura 10.5). Para su cálculo se emplean las siguientes expresiones:

Donde:

$$TRV = \frac{e * H * 10.000}{A} \quad \text{Ecuación 10.5}$$

$$Q = TRV * V_a * i \quad \text{Ecuación 10.6}$$

TRV : Volumen de la fila de los árboles ($m^3 \cdot ha^{-1}$)

e : Espesor de la fila de árboles (m)

H : Altura de la fila de árboles (m)

A : Distancia entre filas (m)

Q : Tasa de aplicación (L/ha)

V_a : Volumen de líquido por unidad de volumen de árbol ($L \cdot m^{-3}$)

i : Índice de ajuste de densidad foliar (0,7 a 1)

10.000: Factor de conversión de unidades

En zonas frutícolas de Estados Unidos, específicamente para el cultivo de manzanas, el factor V_a fue ajustado en aplicaciones con alto volumen, a $0,0937 L \cdot m^{-3}$ y validado en la región frutícola de la Patagonia Argentina. En general, se considera que la tasa de aplicación resultante del uso de este valor produce aplicaciones de alto volumen cercano al punto de goteo, por lo que no se recomienda sobrepasarla. En caso de pretender aplicar a volumen menor, se debe mantener la dosis estimada concentrando el caldo de aplicación.

El índice de ajuste de densidad foliar considera los estados fenológicos, manejo del cultivo, tamaño de las plantas e intensidad de la poda, y oscila entre valores desde 0,7 para árboles muy abiertos o jóvenes hasta 1 para árboles extremadamente grandes y densos. El concepto del TRV también ha sido utilizado en cultivos hortícolas, donde las grandes variaciones de área foliar de cultivos como el tomate u otros requieren ir ajustando la tasa de aplicación a lo largo del ciclo. En este caso, algunos autores han optado por llamarle PRV (*Plant Row Volume*) Los trabajos experimentales han demostrado su total aplicabilidad en esos cultivos, incluso con similares factores de aplicación.

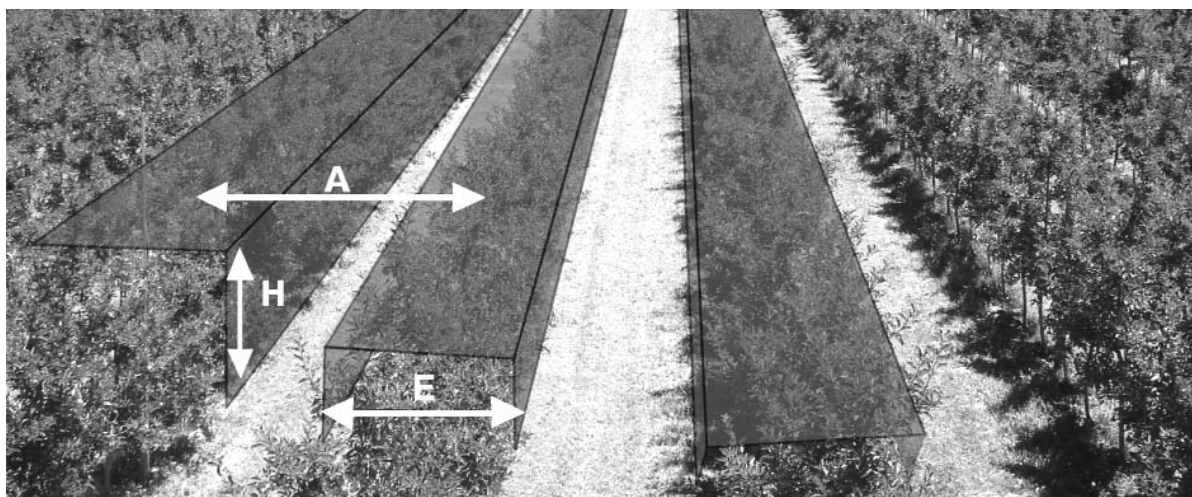


Figura 10.5. Esquema de un monte frutal y dimensiones para el cálculo del TRV

10.9. Referencias consultadas

- ANSI/ASABE S592. Best management practices for Boom Spraying.
- ASAE S572 2004. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra.
- ASAE EP 367.2 1991 (R2008). Guide for preparing field sprayer calibration procedures.
- EN 12761-2: 2001. Maquinaria agrícola y forestal. Pulverizadores y distribuidores de fertilizantes líquidos. Protección Medioambiental. Parte 2: pulverizadores hidráulicos de barras para cultivos bajos.
- HARDI 2009. Info pulverización. Disponible en <http://www.hardi.es> (activo abril 2009).
- ISO 5682-2:1996. Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 2: Test methods for hydraulic sprayers.
- ISO 5682-3:1996. Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 3: Test method for volume/hectare adjustment systems of agricultural hydraulic pressure sprayers.
- Magdalena, C.; Di Prinzio, A.; Behmer, S. 2008. Factores que afectan la aplicación de agroquímicos en montes Frutales. Curso para capacitadores en aplicación de agroquímicos en huertos frutales. 27-28 mayo de 2008. 28 pp.
- Márquez, L. Maquinaria Agrícola. 2004. B&H Editores. Madrid España. ISBN. 84-931506-6-5.
- TEYME. 2009. Características del nuevo grupo de aire PVT-915. Disponible en: <http://www.teyme.es/>
- Sánchez-Hermosilla, J.; Medina, R.; Sánchez, A. 2005. Adjustment of pesticide application rate for greenhouse grown peppers. VIII Workshop on Spray Application Techniques In Fruit Growing. Barcelona.
- Sutton, T.B.; Unrath, C.R. 1984. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. Plant disease 68(6):480-484.
- UNE 68-082-89. Pulverizadores agrícolas. Guía para su preparación, utilización, mantenimiento y seguridad de utilización.
- Vázquez, J. 2003. Aplicación de Productos Fitosanitarios: Técnicas y Equipos. Primera Edición. Ediciones Agrotécnicas. Madrid. España. 320 pp.
- Villa, R. 2003. Técnicas y Máquinas para la Aplicación de Pesticidas. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 112 pp.k