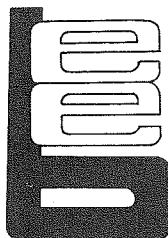




**CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
AGRICOLAS  
"ALBERTO BOERGER"**

**SELECCION, CALIBRACION  
Y USO DE LAS  
PULVERIZADORAS A TURBINA  
EN  
FRUTICULTURA**

AGOSTO, 1980





REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS

"ALBERTO BOERGER"

ESTACION EXPERIMENTAL GRANJERA "LAS BRUJAS"

# SELECCION, CALIBRACION Y USO DE LAS PULVERIZADORAS A TURBINA EN FRUTICULTURA

MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA  
Centro de Investigaciones Agrícolas  
"ALBERTO BOERGER"



ESTACION EXPERIMENTAL "LAS BRUJAS"

BIBLIOTECA  
URUGUAY

*JOAQUIN F. CARBONELL \**

*JORGE E. BRIOZZO \*\**

Agosto, 1980.

---

\* Entomólogo, Director de la Estación Experimental Granjera "Las Brujas" y Jefe del Proyecto Protección Vegetal.  
\*\* Entomólogo, Jefe del Servicio de Alarma y Alerta Contra Plagas y Enfermedades.

# SELECCION, CALIBRACION Y USO DE LAS PULVERIZADORAS A TURBINA EN FRUTICULTURA.

## INTRODUCCION

El éxito en el control de plagas y enfermedades por medio del control químico aplicado depende, de:

- el conocimiento exacto de la plaga o enfermedad (o el complejo de las mismas) que está causando perjuicios económicos.
- el uso del pesticida adecuado.
- la aplicación del pesticida en el momento correcto.
- la aplicación del pesticida en la dosis y volumen apropiado.
- la cobertura del follaje.

Los dos últimos puntos constituyen aspectos sumamente importantes para tener éxito en el control de plagas y enfermedades.

En fruticultura el control de plagas y enfermedades de follaje se realiza básicamente con formulaciones de pesticidas que se distribuyen sobre los cultivos con agua. Poca significación tiene el uso de formulaciones espolvoreables.

Se emplean dos métodos generales de aplicación: las pulverizaciones de alto volumen o diluidas y las pulverizaciones de bajo volumen o concentradas. El objetivo fundamental es hacer una perfecta cobertura de las superficies de frutos, hojas, ramas y troncos para lograr las protecciones debidas contra plagas y enfermedades.

Desde hace mucho tiempo no se discute la eficiencia de las pulverizaciones concentradas o de bajo volumen en el control de la mayoría de plagas y enfermedades. En las condiciones uruguayas se ha difundido el uso de pulverizadoras a turbina, pero sin embargo, la mayoría de los fruticultores las utilizan a un equivalente de alto volumen. En los distintos temas tratados se dan pautas para adquirir o renovar equipos o para que los que se disponen sean estudiados y evaluados correctamente y se usen en todo su espectro de posibilidades, sin que se resientan los resultados que generalmente se esperan en el control de plagas y enfermedades. Este espectro se resume, en:

- economías significativas en el gasto de plaguicidas.
- economías significativas de agua.
- mejoramiento en la terminación de frutas.
- ganancias en tiempo.
- economías en combustibles y lubricantes.
- mejor uso de la mano de obra.

## II. PULVERIZACIONES DE ALTO VOLUMEN O DILUIDAS

1. En este caso los caldos o preparados de pulverización se aplican hasta punto de goteo o escurrimiento y se definen también como aplicaciones a 1 X.
2. El vehículo de los pesticidas es solamente el agua, requiriéndose hasta 4000 litros por hectárea según especie frutal, tamaño y forma de árboles, distancia de plantación, poda, etc..
- 70 3. Este sistema emplea los equipos conocidos como pulverizadoras de alto volumen, hidráulicas o de alta presión. Una denominación muy local es máquinas de puntero. Sus bombas proporcionan presiones de hasta  $10 \text{ kg/cm}^2$  o más (kilos por centímetro cuadrado) en las de mayor poder.
4. Con los equipos de turbina también se realizan aplicaciones de alto volumen o diluidas.
5. A pesar de lo simple que aparentan ser las aplicaciones de alto volumen, la experiencia indica que frecuentemente la ineficiencia de muchos insecticidas y fungicidas está dada por defectos de aplicación y no al fracaso de ellos. En general, los volúmenes de agua que se aplican son de reducidos a muy reducidos, lo que determina una subdosificación del producto. Los años favorables para determinadas plagas o enfermedades son indicadores, en gran parte, de lo señalado, pues la mayoría de los fruticultores sienten el peso de los daños o pérdidas, siendo genérico en cambio, el uso de plaguicidas de comprobado buen comportamiento y eficiencia.
6. Establecer una cantidad normalizada de agua por hectárea para una pulverización de alto volumen es muy dificultosa, por: la gran variación entre plantaciones en cuanto a altura y diámetro de copas, distancias de plantación y conducción, la variación en el agua empleada para realizar la cobertura y deposición de la misma debido al modo de operar y a las condiciones atmosféricas al momento de la pulverización.

## III. PULVERIZACIONES DE BAJO VOLUMEN O CONCENTRADAS

1. En este sistema de aplicación el pesticida se diluye en un volumen menor de agua (de aquí la denominación de pulverizaciones concentradas), usándose para su distribución una corriente de aire generada por una turbina o ventilador. Esa corriente de aire debe tener suficiente volumen y velocidad para que desplace el volumen de aire contenido dentro de la copa del frutal al cual sustituye conteniendo las pequeñas gotas de caldo de pulverización, las que deben depositarse sobre la superficie de frutos, hojas, ramas y tronco. Los equipos que conjugan estos elementos es conveniente denominarlos pulverizadoras a turbina.
2. Las pulverizaciones de bajo volumen o concentradas se fundamentan en que a medida que se reduce el tamaño de las gotitas, una misma cantidad de caldo de pulverización puede cubrir una mayor superficie. Cuando mayor es la concentración del caldo se requieren más gotas más pequeñas o en otros términos, el número de gotitas debe ser incrementado en la medida que el volumen aplicado es reducido. Este es el único camino que se tiene para dar solución a la distribución del material en pulverizaciones concentradas.
3. Las aplicaciones a concentraciones altas requieren gotitas más pequeñas y éstas son más susceptibles a la evaporación. Por otro lado, la cobertura de la parte superior de los árboles es siempre marginal bajo las mejores condiciones, lo cual se torna difícil con las pequeñas gotitas, las cuales pueden tender a derivar por ser repelidas por cargas estáticas del árbol o ser transportadas alrededor del follaje por el lento movimiento del aire o ser tomadas por las corrientes ascendentes y llevadas fuera de la plantación.  
La velocidad del aire generado por la turbina se reduce aproximadamente en un 85% en la parte superior de la copa y a más pequeñas gotitas se requiere más alta velocidad de las mismas para evitar los efectos antes anotados y provocar el choque contra las superficies vegetales y lograr se adhieran a las mismas.
4. Los distintos fabricantes de equipos pulverizadores a turbina para frutales deben armonizar volumen de aire, velocidad de aire, tipo de boquillas, presiones de bomba, etc., que en situaciones prácticas determinan que el mayor porcentaje de las gotitas producidas estén en el rango de 40 a 60 micrones de diámetro. En esta situación se superan aceptablemente los aspectos antes señalados.

5. Los términos semiconcentrado y concentrado suelen sobreponerse y causar confusión. A los efectos prácticos de los fruticultores las concentraciones a 3 X y mayores pueden definirse como concentradas.

Las pulverizaciones concentradas frecuentemente son menos fitotóxicas que las diluidas, por la deposición de finas gotas sin presencia de las grandes gotas y formación, por consiguiente, de una película de líquido sobre hojas y frutos como generalmente determinan las pulverizaciones de alto volumen.

6. Haciendo una correcta pulverización concentrada a 3 X o mayor no hay escurrimiento o goteo. La diferencia que hay con una pulverización de alto volumen radica que en una pulverización concentrada el caldo es depositado sobre la hoja y frutos en forma de una serie de muy pequeñas gotitas, con el plaguicida concentrado y sin la presencia de grandes gotas o láminas de caldo que producen las pulverizaciones de alto volumen. En estas últimas ocurre el fenómeno del goteo o escurrimiento con las consiguientes pérdidas. Al eliminar este efecto por el uso de las aplicaciones concentradas se ha establecido que ello implica un menor gasto de pesticidas por árbol o hectárea. De aquí la importancia de conocer ese gasto en alto volumen para establecer la reducción en la dosificación para las pulverizaciones concentradas. Se ha establecido a través de la investigación y la experiencia comercial recogida, que la economía es del 18 %, en la práctica 20 %, no resintiéndose la eficiencia de los programas preventivos o de mantenimiento de control de plagas y enfermedades en las plantaciones de frutales. Sin embargo hay posiciones conservadoras que sostienen que el volumen total de un compuesto químico de uso agrícola debe mantenerse equivalente entre ambos tipos de pulverización. De todas maneras, esas reducciones que se señalan, se pueden considerar en la dosificación de los plaguicidas y no pueden ser aplicadas genéricamente a la solución de todos los problemas de plagas y enfermedades en frutales.

7. Las economías son importantes cuando se pasa de pulverizaciones de alto volumen o diluidas a las pulverizaciones concentradas en las cuales, los volúmenes de agua se reducen de 3 a 10 veces. A concentraciones superiores o sea, reducciones de 10 a 30 veces, las economías pueden no ser tan importantes.

8. Las concentraciones arriba de 5 X pueden usarse bajo condiciones ideales y extrema exactitud. Se requiere operarios bien entrenados y conscientes de la precisión que demanda el trabajo.

9. Con reducciones de volúmenes superiores a 10 veces los errores que se pueden cometer son de consecuencias graves. Por esta razón se recomienda entrenarse con las reducciones de 3 a 5 veces. Si el equipo lo permite y luego de una experiencia bien ganada, se pasa a reducciones superiores, pero genéricamente son recomendables reducciones no mayores de 10.

10. Las reducciones de volúmenes de caldo de pulverización se expresan por los símbolos 3 X, 5 X, 10 X, 20 X, 30 X. Estas mismas expresiones hacen referencia y equivalen a las concentraciones de los fungicidas o insecticidas en el caldo de pulverización en relación a sus dosis normales sobre 100 litros de agua para pulverizaciones de alto volumen o diluidas (1 X). En otra forma: las expresiones 3 X, 5 X, etc., indican que el volumen de agua por árbol o hectárea se redujo 3, 5, etc. veces y que la concentración de producto químico se debe incrementar 3, 5, etc. veces por cada 100 litros de agua. Es así como se mantiene por árbol o por hectárea el volumen de pesticida adecuado para lograr los efectos de control previstos.

11. No todos los equipos de turbina permiten ser calibrados para lograr las concentraciones deseadas. Para los casos de concentraciones mayores a 10 X se deben adquirir equipos con especificaciones claras que respalden esas concentraciones.

#### IV. SELECCION DEL EQUIPO Y VELOCIDAD DE AVANCE

1. La selección de un equipo de pulverización a turbina se aconseja realizarla a través de la capacidad de aire o sea los metros cúbicos que genera por minuto. Este factor de selección es importante ya que el equipo debe remover toda la masa de aire que contiene el árbol dentro de sí y a su alrededor y consecuentemente todo ese cilindro que compone la sucesión de copas de los árboles en la fila.

2. La habilidad de desplazar toda esa masa de aire disminuye (o sea, es inversa) a los incrementos de la velocidad de avance del equipo. De aquí la importante relación que existe entre esos dos factores.

3. La velocidad del aire en la parte superior de la copa se reduce mucho, alrededor de un 85 %. Con este decaimiento de velocidad del aire una cierta cantidad de tiempo es requerida para que el material llegue a aquellas partes de la copa señaladas, por lo cual un incremento de la velocidad de avance del equipo apareja una ineficiencia operativa que no se corrige aumentando el líquido liberado (sólo aumenta los gastos). El resultado es que la cobertura y depósito de la pulverización decrece con el incremento de altura del árbol y tiende a ser también menor en su centro, en la parte superior de la copa del lado opuesto a la ubicación de la pulverizadora desde una altura, según los casos, por arriba de metros 1,50 sobre el nivel del suelo.

4. Estas deficiencias aún se incrementan más cuando las condiciones climáticas no acompañan (viento y alta temperatura), cuando la velocidad de avance del equipo se incrementa y cuando tiene una relativa baja salida de aire y es usado sobre árboles grandes y con pleno desarrollo de follaje.

5. Las velocidades de avance mayores pueden no ser ineficientes para los fines perseguidos cuando se tiene condiciones de calma o períodos de lluvia (por ejemplo: cuando se quiere hacer una rápida cobertura de los manzanos para el control de sarna en primavera).

6. Quizás, la ineficiencia operativa más frecuente de las pulverizadoras a turbina es la excesiva velocidad de avance. Las velocidades que varíen en baja resultan en una sobrepulverización que insume más tiempo, combustible y posiblemente más producto químico, mientras que los aumentos de velocidad producirán una cobertura y deposición de caldo insuficiente y las consecuencias inherentes de ineficiencia en el control.

7. La velocidad recomendable se debe situar entre los 1 y 5 km/h (kilómetro por hora) constante y no oscilante, para que el equipo se adecúe a las condiciones del cultivo sobre el que es usado. En el caso de citrus las velocidades de avance recomendables son menores a las señaladas, dependiendo del tamaño de los cítricos y la capacidad del equipo.

8. La fórmula de Wolford nos aproxima a uno de los requerimientos básicos que debe tener un equipo pulverizador a turbina, al determinar la capacidad de aire (metros cúbicos por minuto que genera la turbina) de acuerdo a las características de una plantación dada de frutales. Aplicando esa fórmula, todo fruticultor puede conocer una de las condicionantes que debe tener un equipo para tomar decisiones para adquirirlo, renovarlo y aún, en muchos casos, mejorarlo.

Ella relaciona la velocidad de avance (km/h), el volumen de la copa del frutal y la distancia de plantación entre árboles en la fila, lo cual equivale al volumen de aire en metros cúbicos por minuto requeridos y que debe generar el equipo de pulverización a turbina o sea, su capacidad de aire.

$$\frac{\text{Velocidad de avance (metros por minuto)}}{\text{Distancia de plantación en la fila (metros)}} \times \text{Volumen del árbol (metros cúbicos)} = \text{Capacidad de aire (metros cúbicos por minuto)}$$

Esta determinación es para un equipo que pulverice sobre un solo lado.

Si se estima conveniente seleccionar un equipo para pulverizar hacia ambos lados, se multiplica por 2 el resultado logrado de la aplicación de la fórmula anterior.

El volumen del árbol se calcula según la fórmula:

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 \times 3,14 \times h = \text{volumen (metros cúbicos)}$$

(D : diámetro del árbol en metros; h : altura del árbol en metros)

## V. CALIBRACION

1. El fin de la calibración de una pulverizadora a turbina es la regulación de la misma para aplicar la cantidad deseable de líquido por árbol, por unidad de longitud de fila o por hectárea de monte frutal, avanzando en la entrefila a una velocidad determinada y constante.

2. El frecuente fracaso en el uso de la pulverizadora a turbina es causado por la falta de un ajuste y conocimiento exacto del volumen de agua que necesita un árbol, la fila o la hectárea en una pulverización de alto volumen a punto de escurrimiento (gotso). Se sugiere, por razones de orden práctico, conducir todos los trabajos de calibración sobre la base de la unidad árbol.

3. En las condiciones locales se comprueba que la mayoría de los fruticultores usan las pulverizadoras a turbina en el sistema de pulverización de alto volumen, desaprovechando todas las ventajas del uso de las pulverizaciones concentradas.

4. Debido a la heterogeneidad de las plantaciones de frutales se recomienda calibrar los equipos para las condiciones particulares de cada una de ellas. En esta forma se logrará que no existan deficiencias o desajustes del control esperado para cada situación. Directamente, también conduce a establecer un ajuste en las economías generadas derivadas del uso de las pulverizaciones concentradas y fundamentalmente en la de productos químicos, que se estiman son las más importantes para las condiciones locales.

Si bien, anteriormente se ha señalado recomendable fijar la velocidad de avance del equipo entre los 1 y 5 km/h, puede hacerse una selección de la misma en forma práctica. Con el equipo en condiciones de funcionamiento se le lleva al monte y con distintas velocidades de avance se estudia la velocidad a la cual la pulverización atraviesa completamente la copa. Aún se puede buscar un día de viento para establecer la velocidad como se indicara. Esta determinación es adecuada hacerla para yema dormida, medio follaje y follaje completo y siempre el ventilador y bomba operando a régimen.

Para manejar índices más precisos, la pulverización debe traspasar la copa, como mínimo alrededor de 3 metros sobre la parte superior y con vientos de 8 kilómetros por hora.

Si con la pulverizadora a turbina se tiene la opción de pulverizar hacia uno o ambos lados, se debe evaluar este recurso en la calibración para hacer un uso racional del mismo.

5. Los aspectos que se deben considerar en la calibración para contemplar distintas situaciones que normalmente se presentan en cualquier quinta, son:

- a. Los días de calma para pulverizar con el equipo hacia ambos lados (si se dispone de la opción).
- b. La densidad de follaje o una situación adversa para pulverizar (exceso de viento), que requiere todo el volumen de aire producido volcarlo hacia un lado.
- c. Cuando es necesario avanzar rápidamente para hacer un cubrimiento total en muy corto tiempo en función de una situación de crisis (control de sarna en manzano en primavera).
- d. Cuadros de distinto tamaño, conducción de los árboles y especie (manzanos, perales, durazneros, membrilleros, ciruelos) y por tanto densidad variable de follaje.
- e. Plantaciones del tipo compacto.

6. Entonces, pues, la calibración permite conocer, en condiciones bien definidas el gasto de agua de la pulverizadora. El calibrado debe ser realizado todos los años. En efecto las piezas se desajustan, se gastan, lo cual provoca variaciones en la cantidad de caldo que se libera por árbol o por fila o por hectárea. La tolerancia en los desajustes es de un 5 %.

7. Definir exactamente los gastos de agua y por tanto a que nivel de concentración se trabaja es fundamental. La recomendación genérica es que velocidad de avance es el factor que se debe variar con más cuidado. El factor de cambio deben ser las boquillas. Las boquillas son las que permiten seleccionar con exactitud los volúmenes de caldo a liberarse.

Sea cual sea el método o fórmula de calibración aplicada se deben hacer los ajustes en función del uso de los caldos, pues una cosa es calibrar agua que tiene una determinada densidad y otra cosa son los caldos de pulverización, cuya densidad variará de acuerdo a las concentraciones.

**Métodos de calibración.**

8. Los pasos que se señalan seguir aquí son aquellos que se piensan más adecuados para las condiciones locales. Se basan, fundamentalmente, en la cantidad de agua o caldo que es necesario usar para hacer una cobertura perfecta del árbol a punto de goteo o escurrimiento. El uso de los gastos por hectárea se consideran muy aleatorios.

Teóricamente los árboles son considerados dispuestos como si las copas de uno con los otros casi se tocara descomponiéndose la plantación, por la forma en que se hace el trabajo, como si estuviera constituida por una fila de gran longitud

Los ensayos de gastos de agua (punto c siguiente) se deben conducir sobre un largo de fila importante y sobre aquellas filas que estén completas y en condiciones límites (por altura, densidad de follaje, tamaño de copa, etc.).

a. Operar la turbina a la velocidad de régimen que recomienda el fabricante y que es fundamental mantener constante. Hay fabricantes que pueden recomendar más de una velocidad.

b. Regular la presión de la bomba al régimen de servicio. Hay equipos que usan otros métodos para forzar el líquido a través de las boquillas. Este es otro factor a mantener constante por lo cual es importante agregar un manómetro en el caño porta-boquillas.

c. A la velocidad de avance del equipo en la fila y que puede seleccionarse entre 2 - 2,5 - 3 - 3,5 a 5 km/h (siempre que se compruebe que la pulverización transpasó la copa) y colocando en el tanque un volumen exacto y conocido de agua, se hacen las determinaciones en que largo de fila se libera ese volumen.

d. Una variación en el procedimiento, consiste en llenar el tanque hasta el borde, recorrer dentro del monte una distancia predeterminada pulverizando. Cuando se cumple el recorrido establecido se rellena el tanque midiendo exactamente los litros que se agregan.

e. Realizadas esas determinaciones y anotados los metros recorridos para cada velocidad cuya eficiencia se comprobó, según las distintas necesidades (ver punto 5 anterior), se calcula cuanta agua se usa por árbol.

Fórmula (1), pulverizando hacia ambos lados:

$$\frac{\text{Volumen de agua gastado (litros)}}{\text{Distancia recorrida (metros)}} \times \frac{\text{Distancia de plantación en la fila (metros)}}{\text{Distancia recorrida (metros)}} = \text{Gasto de agua por árbol en bajo volumen (litros)}$$

Si el equipo pulveriza sólo hacia un lado, el resultado de la fórmula 1 se divide por 2 y nos expresa: gasto de agua por medio árbol.

f. Para conocer cual es la reducción de volumen por árbol que se ha logrado con respecto a las pulverizaciones de alto volumen se procede así:

Fórmula (2), usando el resultado de la fórmula (1):

$$\frac{\text{Gasto de agua por árbol en alto volumen}}{\text{Gasto de agua por árbol en bajo volumen (pulverización concentrada)}} = \text{Reducción de volumen (concentración)}$$

Fórmula (3).

$$\frac{\text{Gasto de agua por árbol en alto volumen}}{\text{Gasto de agua por medio árbol en bajo volumen (pulverización concentrada) x 2}} = \text{Reducción de volumen (concentración)}$$

El valor logrado se acompaña por el símbolo X y señala la reducción de volumen que se logra o sea a cuanto se está concentrando. Esta misma cifra, es la que multiplicada por las dosis comunes por 100 litros de agua para las pulverizaciones de alto volumen, determina la cantidad de producto a agregar por cada 100 litros de agua para la pulverización concentrada establecida. De concentraciones 3 X a mayores el producto químico se puede reducir en un 20 %.



9. Otro método de calibración que contempla todos los aspectos genericamente analizados inicialmente, toma como punto de partida la concentración a que se desea pulverizar de acuerdo a la eficiencia del equipo. Los pasos a seguir, son los siguientes:

a. Conocer cuanta agua se aplica con máquina de puntero en alto volumen por árbol (considerar las generalidades antes anotadas: especie frutal, tamaño de árbol, etc., etc.). Se puede calcular sobre la base de pulverizar 10 árboles hallando luego el promedio.

b. Establecida la velocidad de avance como ya se indicó, se debe saber exactamente cual es esa velocidad, que se fija en los metros que recorre por minuto. Hay que medirla muy correctamente y en forma práctica. No se debe estimar. Para cada equipo se puede hacer una evaluación de velocidades eficientes considerando los distintos aspectos discutidos en el capítulo correspondiente.

c. La fórmula (4).

$$\frac{\text{Gasto de agua en alto volumen por árbol (litros)}}{\text{Concentración deseada}} \times \frac{\text{Velocidad de avance (metros por minuto)}}{\text{Diámetro copa del frutal (metros)}} = \text{Gasto de caldo para equipo que pulveriza para ambos lados (litros por minuto)}$$

nos permite por cálculo conocer el gasto de caldo por árbol.

Ejemplo:

Gasto de agua en alto volumen por árbol: 10 litros.

Velocidad de avance: 50 metros por minuto (3 km/h).

Concentración deseada: 5 X (serían 2 litros por árbol).

Diámetro promedio de copa: 4 metros.

$$\frac{10 \times 50}{5 \times 4} = 25 \text{ litros por minuto para un equipo que pulveriza para ambos lados.}$$

Si es un equipo que pulveriza para un lado se divide entre 2 (25 dividido 2 = 12.5 litros por minuto).

Como se puede apreciar, este método en función de las variables velocidad de avance y gasto de agua por árbol en pulverización de alto volumen, determina que cantidad de agua gastamos por minuto a la concentración deseada de trabajo. Todo esto se resuelve sobre una mesa y con los datos logrados se hace la selección de boquillas usando los catálogos respectivos, los cuales señalan gastos de agua por minuto a diversas presiones, para combinaciones de discos y difusores adecuadas. El gasto total de las boquillas individuales debe ser igual o muy aproximado al gasto de agua calculado para un lado del equipo.

#### Distribución de boquillas.

10. Su distribución sobre el caño portador de ellas en los equipos convencionales (nos referimos al tipo en que las boquillas en cantidad de hasta 12 o más están dispuestas en un arco a un lado y en igual número al otro lado del equipo si pulveriza hacia ambos lados) se puede hacer considerando las siguientes sugerencias:

- Alrededor del 75 al 85 % del gasto de líquido debe estar concentrado en los dos tercios superiores del arco portaboquillas.
- Las boquillas inferiores que están dirigidas a las partes inferiores de los árboles requieren que produzcan un cono de pulverización algo más abierto y partículas más pequeñas. Generalmente distribuidas en el tercio inferior del arco. Por este sector debe haber un gasto de líquido que se sitúe entre el 15 y 25 % del total.
- En el tercio central del arco se colocan boquillas que liberan alrededor del 30 al 35 % del gasto total de líquido.
- El tercio superior al arco normalmente ocupa el mayor número de boquillas. Ellas liberan el resto del volumen disponible o sea aproximadamente, del 45 a 50 %.

- e. Sin embargo, de acuerdo al sistema de conducción, en muchos casos es mayor la densidad de follaje en la parte media de los árboles, lo cual hay que tomarlo en cuenta para la distribución de boquillas y concentrar un mayor gasto de caldo hacia ese sector.
- f. Nunca combiene reducir el número de boquillas o colocar boquillas que individualmente den un mayor gasto de líquido. Esto significa que se tendrá tamaños de partículas mayores, lo cual determinaría fallas en la cobertura.
- g. El conjunto de boquillas debe producir una cortina de caldo pulverizado que proporcione una cobertura uniforme. Cuando la forma o el tamaño de los árboles determina que la o las boquillas inferiores o superiores liberan líquido no aprovechable se clausuran con discos ciegos. También se cierra paralelamente la salida del aire, para que este se aproveche al máximo sobre las boquillas activas.
- h. Colocadas las boquillas, de inmediato se procede a hacer los ensayos correspondientes. Pequeños desajustes entre lo calculado y lo ensayado se corrige con variaciones pequeñas de velocidad de avance y presión de bomba. El control de presión se debe hacer con un manómetro colocado en el caño portaboquillas (con válvula de paso intercalada para hacer las verificaciones correspondientes y cuidar la "vida" del instrumento).
- i. Cuando equipos que pulverizan hacia ambos lados, son calibrados para pulverizar sólo hacia un lado, la operación de calibrado se hace cerrando la salida del aire del lado que no se pulveriza.

## VI. OTROS ASPECTOS A CONSIDERARSE PARA SELECCION Y OPERACION DE LOS EQUIPOS A TURBINA

### Presión de bomba.

1. Cuando el equipo a turbina se quiere que opere pulverizando en términos de bajo volumen o concentrado, se requiere que disponga de bombas adecuadas y que como mínimo provean presiones de 12 a 14  $\text{kg/cm}^2$  a nivel de las boquillas. Estas presiones son requeridas concentrando arriba de 3 X.
2. Algunos especialistas sostienen que la condición ideal de atomización del caldo de pulverización es aquella en la que la presión hidráulica del líquido determina que la velocidad del mismo a la salida de la boquilla tenga una velocidad similar a la del aire en el mismo punto. Algunos tipos de boquillas que operan con presiones de 10 a 15  $\text{kg/cm}^2$  producen velocidades de salida del líquido de 155 a 187 km/hora. Velocidades diferenciales importantes determinan serias pérdidas por evaporación y pérdidas de energía. El límite opuesto está dado por aquellos fabricantes que, eliminando la bomba, usan parte del aire generado por el ventilador desviándolo hacia el tanque, el cual dispone de una tapa hermética.
3. Las bombas, deben asegurar una presión suficiente. En el caso de las bombas a pistón usadas en las pulverizadoras a turbina de mediano y gran poder proporcionan presiones que oscilan de 25 a 40 o más  $\text{kg/cm}^2$ . Las bombas centrífugas también son usadas (3,5 a 7  $\text{kg/cm}^2$ ). La presión es un factor de regulación de la atomización, la cual se incrementa cuando aumenta aquella. Las bombas de diafragma tienen sus ventajas, adaptándose a los requerimientos señalados, según potencia de los equipos.
4. La combinación de alta presión, una adecuada capacidad de aire del equipo y las características de las boquillas contribuyen a mejorar la eficiencia y por tanto la penetración de la pulverización dentro del follaje y traspararlo, asegurando una cobertura adecuada y dando opción a concentrar a valores altos, ya que se logra una mayor división de la gota. En esta forma se cumple el principio de que para un volumen dado de caldo la superficie cubierta será tanto más elevada como las gotas sean más finas.

ESTACION EXPERIMENTAL "LAS BRUJAS"  
BIBLIOTECA  
URUGUAY

### Boquillas.

5. Se busca que las boquillas produzcan el tamaño de gota que interesa a los fines de lograr la cobertura y deposición adecuada de ellas sobre hojas y frutos, sin que se produzca escurrimiento (goteo) o láminas de caldo continuo. Se ha determinado que el tamaño de gota depende, entre otros aspectos, de la presión hidráulica, viscosidad del líquido, tensión superficial, velocidad relativa entre gotas y aire y características de la boquilla. El tamaño ideal de gota está en el rango de los 40 a 60 micrones de diámetro. No todas las boquillas o sistemas de división de partículas logran que el total de la pulverización esté compuesta por ese diámetro. Este es un objetivo de los fabricantes. Entre los más sofisticados se tendrían los rotores de material poroso que determinan un rango de gotas con un coeficiente de homogeneidad muy importante y dentro de los óptimos deseados.

6. Las gotas menores de 40 micrones son altamente sensibles a la deriva y evaporación, mientras que las mayores son las que conducen al escurrimiento y por tanto un gasto innecesario de producto químico. Para el caso de las mejores boquillas comúnmente disponibles, el tamaño de gota depende de un difusor helicoidal y una cámara de difusión o turbulencia: aquel induce al líquido a rotar dentro de la cámara (espacio entre difusor y disco). El líquido fluye a través del orificio del disco (también denominado pastilla), formando a la salida un cono hueco. Las paredes de ese cono se van adelgazando por incremento de su circunferencia hasta que la tensión superficial del líquido es rota y da lugar a la formación de las gotas. Todos estos factores, conjuntamente con la presión y tamaño de orificio del disco o pastilla convergen para calibrar las gotas. El tamaño de los pasajes de agua de difusor y disco regulan el gasto de agua a liberar (según presiones y dado por tablas).

7. En cuanto al disco, este debe estar construido de material duro (aleaciones metálicas especiales o cerámica) de tal manera que el orificio tenga la menor variación de diámetro por desgaste en un período largo de tiempo. Cuando no se dispone de discos de materiales como los referidos, deben colocarse nuevos al comienzo de la estación y reponerlos hasta dos veces más en la estación. Es un factor importante de desajuste en la calibración y que determina perjuicios económicos.

El diámetro de los orificios está normalizado, variando en fracciones de 1/64 de pulgada y generalmente son numerados solamente con el numerador de la fracción indicada.

Siempre es recomendable usar boquillas fabricadas por empresas reconocidas mundialmente por su alta especialización.

8. Las boquillas regulables (sistema similar al puntero de alto volumen) con que son equipadas algún tipo de pulverizadoras a turbina, permiten manejar con cierta amplitud los aspectos sugeridos para la calibración. Pero los cambios de disco es otro recurso disponible para hacer calibraciones acordes a las concentraciones que se deseen establecer en pulverizaciones de bajo volumen.

9. Comprobar periódicamente si se mantienen los gastos de agua previstos para las condiciones de trabajo establecidas es muy importante. El desgaste de los discos es grande, cuando están fabricados con material blando. Si los gastos son superiores al 5 % se debe hacer el recambio de los discos.

10. Aquellas boquillas que producen cono abierto proporcionan partículas de menor diámetro, que por su menor masa son sensibles a perder velocidad inmediatamente. A la inversa ocurre con conos cerrados que son de alta penetración. Estos aspectos se deben tomar en cuenta para las aplicaciones en condiciones sin viento, distancia entre el equipo y los árboles, tamaño de árboles, etc., etc..

### Agitación.

11. La agitación de los caldos dentro de los tanques a través de sistemas efectivos (los mecánicos serían los más aceptables) es indispensable, siendo un requerimiento que debe prestársele especial cuidado cuando se trabaja concentrando.

### Fuentes de poder.

12. Normalmente y cada vez más difundido es usar al tractor como fuente de poder para operar todo el sistema de los equipos pulverizadores. La potencia del tractor debe estar acorde con las necesidades de funcionamiento del equipo y atender las distintas exigencias en velocidades constantes de avance que son requeridas para las distintas calibraciones.

### Aplicación.

13. La aplicación o pulverización se realiza sobre ambos lados de cada fila de frutales. Si el equipo pulveriza hacia un solo lado se requiere un doble pasaje por cada fila.

### Viento

14. Los vientos son un problema casi constante en las condiciones de Uruguay. Si la intensidad del viento no es adversa como para que la pulverización no traspase la parte superior de la copa se puede pulverizar con el equipo avanzando en el sentido del viento (con viento de frente para proteger al operador). Si el viento es tan intenso que no permite que la pulverización traspase la copa (y deja un sector de ella opuesta al equipo sin mojar) es recomendable avanzar con el viento a través arrimando la pulverizadora lo más posible hacia la fila de donde viene el viento.

### Pulverizaciones nocturnas.

15. Está probado que las aplicaciones nocturnas serían preferibles frente a las diurnas por la relativa calma existente, lo cual determina una perfecta cobertura. Un equipo calibrado en esas condiciones va a implicar una sensible economía de plaguicidas. No hay evidencias que las aplicaciones nocturnas de plaguicidas determinen más quemaduras sobre hojas y frutos que las diurnas. Se mejora la eficiencia en forma notable.

### Prevensión de heladas.

16. Las pulverizadoras a turbina pueden ser eficientemente usadas para prevenir daños de helada.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. LEWIS, F.H.; ASQUITH, D.; KRESTENSEN, E.R. and HICKEY, K.D. Calibration of Airblast Sprayers for Use on Deciduous Fruits. Penn. State U. Ed. 0-254 Special Leaflet and Progress Report 294. January 1969.
2. PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. Cooperative Extension Service, University Park, Pennsylvania. Agricultural Chemicals for Tree Fruit Production. 1971.
3. PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. Cooperative Extension Service, University Park, Pennsylvania. Tree Fruit Production Guide. 1978.
4. TECHNIQUES D'APPLICATIONS. Phytosanitaires. Choix et réglage des pulvérisateurs agricoles. Centre National d'études et d'expérimentation de Machnisme agricole. Parc de Tourvoie 92 - Antony. Journées d'études ENSA, Grignon - 17 - 19 Septembre 1962. Acta 18. Rue de L'Arcade. Paris.
5. THE F. E. MYERS & BRO.CO. Technical Manual Orchard and Row Crop Air Sprayers. 1964.