

CALIBRACIÓN DE PULVERIZADORES HIDRONEUMÁTICOS PARA APLICACIONES EN PALTOS

Jorge Riquelme S., INIA Raihuén • Luis Patricio Abarca R., INIA Rayentué • Andrea Torres P., INIA La Cruz.

La correcta aplicación con pulverizador hidroneumático depende de los siguientes pasos:

- Inspección del Tractor y del Pulverizador.
- Calibración del Pulverizador.
- Verificación del resultado de la aplicación con papel hidrosensible.
- Ajustes para corregir dicha aplicación.

Para que las pulverizaciones sean eficaces además de considerar la calibración y regulación de los equipos, existen factores primordiales a considerar al momento de una aplicación de productos fitosanitarios:

- Condiciones ambientales:** Viento, no debe superar los 6,5 km/h, velocidad visualmente apreciable cuando las hojas de los árboles se mueven suave y constantemente. Una mayor velocidad de viento aumenta considerablemente las pérdidas por deriva. La **temperatura** no debe superar los 25° C y la **humedad relativa** no debe ser inferior al 40%, de lo contrario las pérdidas se aumentan por evaporación de la pulverización.
- Fenología:** Considerar el estado fenológico, tanto de las plantas, como de las plagas y enfermedades. De esta manera, ajustar el volumen de aplicación (Metodología del TRV) y elegir la técnica de pulverización más correcta según condiciones del huerto y plagas o patógenos.
- Producto a aplicar:** Los plaguicidas a utilizar deben ser selectivos para la plaga o enfermedad a la cual se desea controlar y ser aplicados en las dosis adecuadas (según etiqueta del producto), utilizando recipiente graduado lo más preciso posible.

- Factor humano:** Para que una pulverización sea tan eficiente y eficaz como se desea, el operador cumple un rol fundamental en la labor. Será de su responsabilidad mantener en perfecto estado las condiciones de la maquinaria, como así también el trabajo en huerto respetando la marcha elegida, revoluciones del motor del tractor y la presión de trabajo.
- Calibrar y ajustar los pulverizadores para lograr los objetivos deseados es una tarea imprescindible. Sin embargo, es una labor poco efectuada, que genera en la mayoría de los casos aplicaciones excesivas, se preocupan en gran medida sólo del volumen a utilizar y muy poco del cubrimiento de la pulverización. Existe la creencia que con un gran mojamiento se obtiene una mejor protección de los árboles, olvidando los conceptos de eficiencia y contaminación ambiental.

Antes de la regulación del equipo, se debe constatar el buen trabajo del conjunto tractor-pulverizador. Para ello se procederá a una inspección de sus elementos y el correcto funcionamiento.

INSPECCIÓN:

No sólo visual, los parámetros de evaluación deben ser verificados con el funcionamiento del equipo.

DEL TRACTOR:

- Debe generar la potencia demandada por el pulverizador en condición de trabajo, se recomienda que posea una potencia mínima de 80 HP y que genere 540 r.p.m. al eje del Toma de Fuerza [TDF]. De acuerdo a la condición del follaje y el tamaño de los

árboles se podría trabajar a menos revoluciones, pero nunca a menos de lo que demande la bomba del pulverizador (Figura 1).



Figura 1: Medición de las revoluciones al eje del toma de fuerza.

- Tener su mantención al día.
- Tacómetro o cuenta revoluciones del motor en buen estado.
- Presión de neumáticos adecuada.

DEL EQUIPO:

(primero en forma estática):

- Boquillas adecuadas y simétricas a ambos lados del arco de pulverización.
- Funda Cardánica bien cubierta, evita daño o accidentes fatales para el operador. Elementos de anti rotación bien instalados (Figura 2).
- Abrazaderas en buen estado (no alambres).
- Comandos cerca del operador, y completa funcionalidad para modificar presión y cortar paso de líquido a ambos sectores del equipo, como también en forma independiente uno del otro.

- Filtros limpios y presentes al menos en tres etapas; en la boca de llenado, en la succión del líquido (antes de la bomba hidráulica) y en línea o en las boquillas.



Figura 2: Funda cardánica.

- Manómetro: Con un diámetro no menor a 63 mm visible desde el asiento, con una graduación óptima de 0 a 25 bares, y con visibilidad mínima de un bar de presión (Figura 3).



Figura 3: Manómetro.

- Posición neutral del ventilador para el caso de agitación al momento de agregar los plaguicidas al estanque.
- Presencia de deflectores de viento tanto superiores como inferiores para dirigir la nube de pulverización y disminuir las pérdidas por deriva y escurrimiento (Figura 4).



Figura 4: Deflectores superiores de viento.

- Correcta presión de aire de neumáticos (si los presenta), en relación al tamaño del estanque y dimensiones del neumático (revisar información en el catálogo del pulverizador).
- Presencia y cumplimiento de la rejilla de protección del ventilador, ésta debe impedir que cualquier parte del cuerpo de una persona pueda tener contacto con las aspas del ventilador (Figura 5).



Figura 5: Rejilla del ventilador.

- Presencia de un estanque al menos de 10 litros con agua limpia, tanto para el lavado de manos del operador como para la limpieza de las boquillas en terreno.

PROCEDIMIENTO PARA LA REGULACIÓN DE PULVERIZADORES HIDRONEUMÁTICOS

Luego de la revisión estática, se procede a una revisión de la maquinaria en funcionamiento, prestando atención a posibles averías mecánicas, una correcta agitación de la mezcla al interior del estanque, estabilidad de la aguja del manómetro y fugas de líquido, ya sea, aceite de la bomba o caja multiplicadora del ventilador o mezcla desde el estanque y/o conducciones hidráulicas.

REGULACIÓN

Para ajustar un volumen de aplicación por hectárea (VDA) se deben considerar tres factores:

1. El caudal total de las boquillas (CTB) que se utilizan en el tratamiento, expresado en litros por minuto (l/min).
2. Ancho de aplicación que concuerda con la distancia entre hileras (DEH), expresado en metros (m).
3. Velocidad de avance (VA) del tractor con el equipo en condición de trabajo, expresado en kilómetros por hora (km/h)

600 : Factor de conversión de unidades

Entonces:

$$\text{VDA (l/ha)} = \frac{\text{CTB (l/min)} \times 600}{\text{DEH (m)} \times \text{VA (km/h)}} \quad \text{Formula 1}$$

Primero que todo el volumen de aplicación (VDA) se determina considerando las condiciones fenológicas del cultivo, principalmente el estado o la cantidad de follaje al momento de la aplicación, es decir, a mayor cantidad de follaje mayor debe ser el volumen aplicado por hectárea. Para estimar el volumen de ve-



Figura 6: Mediciones en huerto.

getación en una hectárea se procede a utilizar metodología TRV (Tree Row Volume), técnica que contempla dimensiones como:

- La altura de los árboles (ADA).
- El ancho de copa (ADC).
- La distancia entre las hilera (DEH).
- 10.000: Factor conversión (m²/ha).

$$TRV (m^3/ha) = \frac{ADA (m) \times ADC (m) \times 10.000 (m^2/ha)}{DEH (m)}$$

Por ejemplo: Un huerto de paltos presenta las siguientes dimensiones:

- ADA: 4 m
- ADC: 3 m
- DEH: 5 m

Por lo tanto:

$$TRV(m^3/ha) = \frac{4(m) \times 3(m) \times 10.000(m^2/ha)}{5 (m)} = 24.000 m^3/ha$$

Se recomienda aplicar por cada 1.000 m³ de vegetación, un volumen de mezcla entre 10 a 125 litros, rango especificado para distintos tipos de tratamientos (Tabla 1). Para paltos los volúmenes a utilizar dependiendo del tipo de tratamiento con pulverizadores hidroneumáticos se encuentran entre 70 a 100 l/1.000 m³. Por lo tanto, para estimar el volumen de mezcla adecuado por hectárea, se determina con la siguiente fórmula:

$$VDA (l/ha) = \frac{TRV (m^3/ha) \times D (l)}{1.000 (m^3)}$$

Donde:

- VDA : Volumen de aplicación (l/ha)
- TRV : Volumen de vegetación (m³/ha)
- D : Volumen a utilizar por cada 1.000 m³ de follaje (Tabla 1)

Posterior a la determinación del volumen de vegetación, se estima la cantidad de mezcla a utilizar por hectárea:

$$VDA(l/ha) = \frac{24.000(m^3/ha) \times 70 (l)}{1.000 (m^3)} = 1.680 (l/ha)$$

Tabla 1:
Volúmenes de mezcla a utilizar por cada 1.000 m³ de vegetación
(Fuente: Hardi, s.d.)

Volumen de pulverización	Índice de volumen (l/1.000 m ³) = D
Muy Alto	125
Alto	100
Medio	70
Bajo	50
Muy Bajo	30
Ultra Bajo	10

Una vez determinado el volumen adecuado a aplicar por hectárea, se miden tres factores dentro de la maquinaria que ajustarán el volumen requerido.

1. Caudal Total de Boquillas-CTB (l/min)

Para determinar el caudal que están entregando las boquillas, se deben ubicar mangueras a la salida de cada boquilla (Figura 7), asegurando que no exista fuga al momento de la prueba. Cabe recordar que la calibración se debe realizar solamente con agua limpia. Se podrá medir más de un CTB, dejando la cantidad de boquillas necesaria y variando presión dentro de los rangos aceptados que generen una mayor uniformidad y buen tamaño de gotas (entre 7 a 14 bar = 100 a 200 PSI aproximadamente). Luego de recibir el caudal de cada boquilla, se suman (lado izquierdo más lado derecho) y se obtiene el CTB, expresado en l/min.



Figura 7: Determinación del caudal de las boquillas en un pulverizador hidroneumático.

2. Medición del ancho de trabajo (m)

En la fórmula de VDA (l/ha), el ancho de aplicación está definido por la distancia entre las hileras (DEH). Por lo tanto, para esta medición sólo bastará una cinta de medir.

3. Velocidad de avance (km/h)

La velocidad comprende el avance del conjunto tractor – pulverizador, es decir, para medir la velocidad hay que considerar

que el tractor sea aquel que se utiliza habitualmente con ese equipo, y éste último debe estar cargado con agua mínimo $\frac{3}{4}$ de su capacidad.

Para esta medición:

- Ubicar el tractor más el equipo en un terreno igual o similar al que se va a trabajar.
- Seleccionar una marcha adecuada. Si es muy baja el trabajo se hará ineficiente, y si es muy alta habrá problemas principalmente por deficiencia de gotas en los sectores centrales y altos de los árboles, como también en el tránsito cuando realice el trabajo en terreno. Normalmente las velocidades se encuentran entre los 2 a 4 km/h.

Luego de seleccionar la marcha, ajustar el tacómetro del tractor a las revoluciones más adecuadas respecto a la necesidad de potencia que demanda el pulverizador y las condiciones externas. Normalmente las r.p.m. para la TDF deben concentrarse entre 450 y 540.

- Marcar una distancia mínima de 20 m, y hacer una medición en condiciones de trabajo, es decir, con boquillas aplicando y ventilador funcionando. Nunca medir la velocidad sólo con el tractor, con el equipo sin agua o sin condición de trabajo. Tomar el tiempo en segundos que tarda en recorrer dicha distancia.
- Medir más de una marcha, así se obtendrán más combinaciones finales.
- La velocidad medida estará dada en metros por segundo (m/s), pero la fórmula lo requiere en km/h. Su transformación se obtiene de la siguiente manera:

$$VA \text{ (km/h)} = \frac{d \text{ (m)} \times 3,6}{t \text{ (s)}}$$

Donde:

- VA : Velocidad de avance (km/h)
- d : Distancia (m)
- t : Tiempo (s)
- 3,6 : Factor de conversión de unidades

Ejemplo:

Se pulveriza un huerto de paltos, con un pulverizador hidroneumático con 28 boquillas en total, se han obtenido de ellas un caudal de 51,8 l/min (CTB), la distancia entre hileras es de 5 metros (DEH) y el tractor demoró 23 segundos en recorrer 20 metros de distancia.

$$VA = \frac{20(m) \times 3,6}{23 \text{ (s)}} = 3,1 \text{ km/h}$$

Aplicando la fórmula [1], se obtiene:

$$VDA \text{ (l/ha)} = \frac{51,8 \text{ (l/min)} \times 600}{5 \text{ (m)} \times 3,1 \text{ (km/h)}}$$

$$VDA \approx 2.005 \text{ l/ha}$$

El volumen obtenido es superior al calculado por la metodología TRV (1.680 l/ha). Sin embargo, se describe que el TRV es sólo un

método de estimación, por ello, finalmente la aplicación debe ser corroborada en terreno, deseando una gran cobertura de gotas en el follaje, en todos los sectores del árbol y con el menor gasto posible (Figura 8). Sin duda, la apreciación de las gotas en el follaje es compleja de discernir. Es por ello que se utilizan papeles hidrosensibles (Figura 9), pequeñas unidades de papel color amarillo que se tiñen de azul al contacto de la gota.

Los papeles hidrosensibles deben ser ubicados entre las hojas, representando fielmente al follaje. Por la dificultad que significaría la aplicación, los papeles hidrosensibles generalmente se ubican al interior de los árboles en forma vertical desde la base hasta por sobre el follaje, distanciados cada 50 cm uno del otro, y esto en al menos tres repeticiones. La expresión de los papeles hidrosensibles ayuda a la contabilización de impactos por centímetro cuadrado (N°/cm^2) y el Diámetro Mediano Volumétrico (DMV) de las gotas recepcionadas medidas en micras (μm). Estos dos parámetros son relevantes para determinar el tipo de tratamiento. Sin embargo, son de difícil deducción a nivel de campo, e incluso con papeles hidrosensibles, tanto por la complejidad como por el tiempo que lleva al resultado de los mismos. Para este caso, en forma mucho más práctica se procede a una apreciación y comparación visual de los papeles hidrosensibles. De este modo, los papeles teñidos totalmente azul (Figura 9a) indican exceso de aplicación, y los que quedan amarillos muestran deficiencia en esos sectores. Por consiguiente, una buena aplicación lo indicará un papel con un fondo amarillo con muchas y pequeñas manchas azules, éstas últimas representando a las gotas pulverizadas (Figura 9, c y d).



Figura 8: Cobertura de una hoja posterior a una aplicación. Baja cobertura con altos volúmenes de aplicación y gotas de $400 \mu m$ (izquierda); Alta cobertura con bajos volúmenes y gotas de $100 \mu m$ (derecha). (Fuente: Martignani).

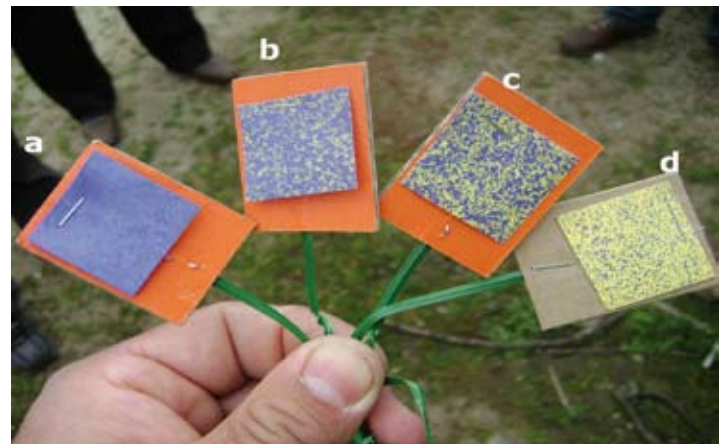


Figura 9: Diagnóstico de la pulverización a través de papeles hidrosensibles. a y b) Exceso; c) Bueno; d) Excelente.