Instituto de Investigaciones Agropecuarias

TRV (Tree Row Volume): metodología sencilla para estimar volúmenes de pulverización en frutales (mención cítricos)

Autor: Patricio Abarca R., INIA Rayentué.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO INIA RAYENTUÉ N° 91 – AÑO 2024

La pulverización suele ser una de las labores más deficientes en la agricultura, esto si se relaciona la gran cantidad de gotas que se generan a la salida del pulverizador y el bajo porcentaje que logra llegar al objetivo. Uno de los problemas que incrementa esta deficiencia es la incorrecta forma de decidir o establecer los volúmenes de pulverización por hectárea, o también llamados "mojamientos".

Por una parte, se ha acostumbrado a utilizar un volumen de aplicación fijo durante todo el año, sin tomar en consideración el crecimiento estacional del árbol, la densidad foliar, las características del plaguicida, el tipo de plaga o enfermedad, ni las diferencias en los marcos de plantación entre cuarteles de un mismo campo. Por otra parte, estos volúmenes se basan en parámetros poco confiables, como la experiencia de otros agricultores, recomendaciones de etiquetas de plaguicidas o decisiones erróneas como "a mayor volumen, mejor aplicado".

Lo anterior conlleva pérdidas que superan en muchos casos el 50 % del volumen aplicado, perdiendo gran parte por deriva a lugares indeseados y escurrimiento al suelo dentro del mismo huerto.

Las plantas tienen la capacidad de retener una cierta cantidad de líquido en sus estructuras, la que depende de: el tamaño de las gotas, características de los tejidos vegetales, características de los productos disueltos en el estanque de aplicación, entre otros. No obstante, sobrepasar esa cantidad, provocará que las plantas dejen caer al suelo un cierto volumen de agua junto al plaguicida que va en mezcla con ella, permitiendo una baja en la eficacia del fitosanitario en las enfermedades o plagas a controlar.

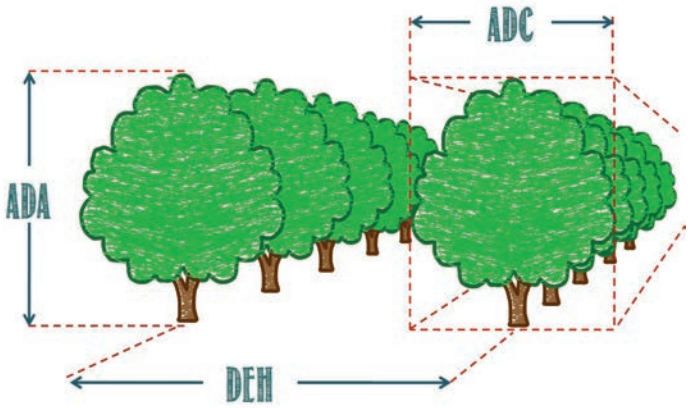


Figura 1. Esquema de las dimensiones a considerar en un huerto frutal para determinar TRV. Donde: ADA, altura de árbol; ADC: ancho de copa y DEH: distancia entre hileras.

La especie vegetal, la densidad foliar del cultivo, y la formación y conducción del huerto son información importante para poder estimar: a) los volúmenes de aplicación expresados en L/ha, b) la dosificación del producto y c) el ajuste de parámetros operativos de la maquinaria. Así, por ejemplo, no se debe usar un pulverizador en igualdad de condiciones para un cultivo de cítricos que para un cultivo de almendros, o para una misma especie vegetal con dos tamaños de árbol diferentes, o si se encuentra en floración, inicio de brotación o pleno desarrollo foliar.

Sutton y Unrath (1984), y Dris y Jain (2004) describen que Byers, Hickey y Hill, plantearon el concepto de TRV ("Tree Row Volume") para determinar el volumen de agua y agroquímico, según las características del huerto frutal.

La metodología TRV permite ajustar el volumen de pulverización a utilizar, ya sea para una plaga o enfermedad y en un cultivo en específico. A nivel internacional se determina que, para frutales, lo óptimo es dosificar el plaguicida por cada 100 litros de agua, y el volumen a pulverizar por hectárea debe ser acorde al volumen de vegetación que presente el cultivo al momento del tratamiento (TRV).

Para la determinación del volumen de vegetación a través del método TRV, solo se necesita tres dimensiones del huerto: 1) la altura promedio de árbol (ADA); 2) ancho promedio de copa o de follaje del árbol (ADC) y 3) la distancia entre hileras (DEH), todas expresadas en metros (Figura 1).

$$TRV = \frac{ADA\ x\ ADC\ x\ 10.000}{DEH}$$

El volumen de pulverización (L/ha) puede ser estimado de una forma simple, multiplicando TRV por un valor «D» estandarizado entre 10 hasta 120 litros de caldo por cada 1.000 m^3 de vegetación (Cuadro 1). Donde "D" prácticamente está relacionada con la especie vegetal, la densidad foliar del momento y la técnica de pulverización. En cítricos se recomienda utilizar entre 80 y 140 L/1.000 m^3 de vegetación, utilizando el valor más bajo (80) en aplicaciones de fertilizantes foliares, un valor intermedio (100) para plagas externas de menor complejidad y los valores más altos (120, e incluso 140) para plagas internas de difícil control.

Cuadro 1. Dosis de pulverización de acuerdo al volumen de follaje en cultivos frutales (Fuente: Shigueaki *et al.* en 2011).

Volumen de pulverización	D (L/1.000 m^3 vegetación)
Muy alto	120
Alto	100
Medio	70
Bajo	50
Muy bajo	30
Ultra Bajo	10

De acuerdo a lo anterior, el volumen de pulverización o "mojamiento" a aplicar por hectárea quedaría de la siguiente forma:

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

Donde:
VDA : volumen de aplicación (L/ha)
TRV : volumen de vegetación del huerto (m^3/ha)
D : dosis a aplicar por cada 1.000 m^3 de follaje (L)

Ejemplo:
Se realizará un tratamiento de insecticida para control de chanchito blanco en cítricos, con pulverizador hidroneumático (Figura 3). Para ello, se recomienda una relación de 140 litros por cada 1.000 metros cúbicos de vegetación, entonces:

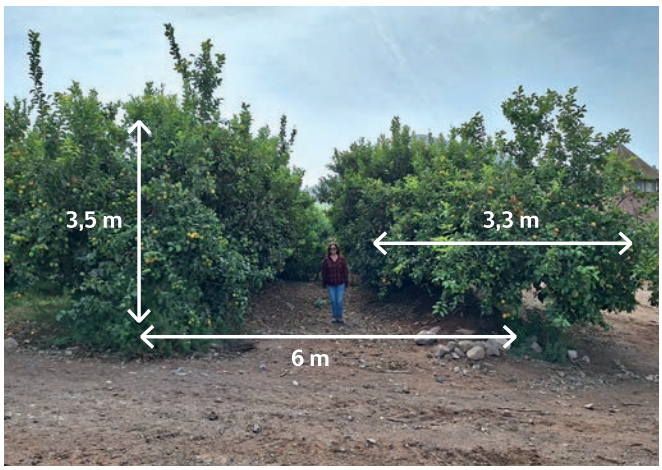


Figura 2. Dimensiones de un huerto comercial de limones.

$$TRV = \frac{3{,}5\ (m)\ x\ 3{,}3\ (m)\ x\ 10.000\ \left(\frac{m^2}{ha}\right)}{6\ (m)} = 19.250\ \left(\frac{m^3}{ha}\right)$$

En la Figura 2 se observa la medición real de TRV en campo, midiendo el ancho de copa a mitad de la altura del árbol, la distancia entre las hileras y la altura del árbol (solo el follaje). Es preciso aclarar este último punto pues, en algunos frutales, el follaje puede comenzar muy arriba respecto del suelo, dejando visible el tronco. Sin embargo, en otros frutales y en algunos momentos del año, es posible encontrar follaje por debajo de la altura que sale el tronco desde el suelo, follaje que se denomina "faldas"; por tanto, es importante que la altura del árbol se mida en relación a la pared real de follaje que se desea pulverizar.



Figura 3. Pulverizador hidroneumático utilizado en pulverizaciones de plaguicidas en frutales.

$$VDA = \frac{19.250\ \left(\frac{m^3}{ha}\right)\ x\ 140\ L}{1.000\ (m^3)} = \mathbf{2.695}\ \left(\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{ha}}\right)$$

El TRV solo permite estimar el volumen de mezcla que necesita el cultivo, pero no asegura que el cubrimiento sea uniforme en cada planta y en todo el huerto, ya que este último depende exclusivamente del ajuste de los parámetros operativos del tractor y del pulverizador. Para ello se debe determinar el caudal total de boquillas (CTB) expresado en L/min a través de tres parámetros: 1) El volumen de pulverización por hectárea (VDA), 2) la distancia entre hileras (DEH) y 3) la velocidad de avance medida en terreno bajo condición real de trabajo (km/h) y, con ello, ordenar las boquillas correctamente. Entonces:

$$CTB = \frac{VDA\ \left(\frac{L}{ha}\right)\ x\ \ DEH\ (m)\ x\ VA\ \left(\frac{km}{h}\right)}{600}$$

La velocidad de avance que lleve el tractor más el pulverizador en un cultivo de cítricos, debe ser acorde al tipo de tratamiento; así, por ejemplo, y como referencia, se debería trabajar entre 2 a 3 km/h para plagas internas (chanchitos blancos, escamas); entre 3 y 4 km/h para plagas externas (mosquita blanca) y entre 4 y 5 km/h para un fertilizante foliar dirigido a brotes nuevos. Para determinar la velocidad de avance se debe medir una distancia mínima de 25 metros y tomar el tiempo que demora el pulverizador en condición de trabajo en recorrer dicha distancia.

Por ejemplo, si el tractor con el pulverizador demora 39,7 segundos en recorrer 30 metros de distancia, entonces:

$$VA = \frac{30\ (m)}{39{,}7\ (s)}\ \ x\ \ 3{,}6 = 2{,}72\ \left(\frac{km}{h}\right)$$

Por lo tanto, CTB es igual a:

$$CTB = \frac{2.695\ \left(\frac{L}{ha}\right)\ x\ \ 6\ (m)\ x\ 2{,}72\ \left(\frac{km}{h}\right)}{600} = 73{,}30\ \left(\frac{L}{min}\right)$$

Si se divide CTB en 2 se obtiene el CTB en cada sector del pulverizador (73,30 L/min ÷ 2 = 36,65 L/min). Este dato sirve para seleccionar las boquillas más adecuadas a ubicar en el pulverizador, dependiendo de la forma del árbol.

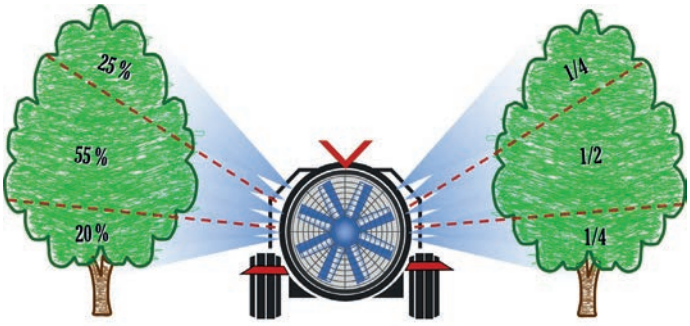


Figura 4. Esquema de la distribución de caudales de boquillas para una formación típica de cítricos.

Entonces, si se utilizan 14 boquillas por cada lado del pulverizador y el cultivo presenta una forma según la Figura 4, se tiene:

Cuadro 2. Ordenamiento de boquillas según forma del árbol.

Caudal requerido por lado (L/min	% a utilizar por sector del árbol	Volumen a utilizar por sector del árbol (L/min)	Número de boquillas por sector	Caudal de boquilla más adecuado (L/min)
36,65	x 25%	= 9,16	÷ 3,5*	= **2,62**
	x 55%	= 20,16	÷ 7**	= **2,88**
	x 20%	= 7,33	÷ 3,5*	= **2,09**

*3,5 = 14÷4 / ** 7 = 14÷2

Cuadro 3. Caudales de boquillas Norma ISO de colores.

BAR	NARANJA 01	VERDE 015	AMARILLO 02	LILA 025	AZUL 03	R. CASTA 035	ROJO 04	MARRÓN 05
5	0,52	0,77	1,03	1,29	1,55	1,81	2,07	2,58
6	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,83
7	0,61	0,92	1,22	1,53	1,83	2,14	2,44	3,06
8	0,65	0,98	1,31	1,63	1,96	2,29	2,61	3,27
9	0,69	1,04	1,39	1,73	2,08	2,42	2,77	3,46
10	0,73	1,10	1,46	1,83	2,19	2,56	2,92	3,65
11	0,77	1,15	1,53	1,91	2,30	2,68	3,06	3,83
12	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	4,00
13	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	2,91	3,33	4,16
14	0,86	1,30	1,73	2,16	2,59	3,02	3,46	4,32

El Cuadro 2 determina que se deben utilizar boquillas entre 2,09 y 2,88 L/min, ubicando las de mayor tamaño en la parte media del pulverizador. Para frutales se recomienda usar boquillas entre 1 a 3,5 L/min, medido a una presión de 10 bar.

Observando el Cuadro 3 se podría optar por boquillas desde el color lila al color rojo, a una presión de 10 bar; ahora se deben ordenar en el arco de pulverización y lograr un valor cercano a los 36,65 L/min requeridos.

Cuadro 4. Ordenamiento de boquillas en el pulverizador de acuerdo al ejemplo indicado.

N° boquilla	Color	Caudal (L/min)	% requerido por sector	% obtenido por sector
14	R. castaño	2,56	25	24,78
13	R. castaño	2,56		
12	R. castaño	2,56		
11	Rojo	2,92	55	54,92
10	Rojo	2,92		
9	Rojo	2,92		
8	Rojo	2,92		
7	Rojo	2,92		
6	Rojo	2,92		
5	Rojo	2,92		
4	R. castaño	2,56	20	20,30
3	Azul	2,19		
2	Azul	2,19		
1	Lila	1,83		
Total		**36,89**	**100**	**100**

Una vez seleccionadas las boquillas en conformidad al CTB y porcentajes requeridos, se ubican en el pulverizador, se mide el caudal individual de cada una de ellas (Figura 5), se determina el nuevo volumen de pulverización bajo condiciones reales y se comprueba en campo con papeles hidrosensibles.



Figura 5. Medición del caudal individual de boquillas en un pulverizador hidroneumático para frutales.

Este informativo ha sido confeccionado bajo el proyecto: "Plataforma interactiva para el desarrollo de mejoras en el control de plagas en cultivo de cítricos a través de la pulverización hidroneumática", ejecutado por INIA, apoyado por Frutas de Chile a través de su Comité de Cítricos y apoyado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando fuente y autor.
La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.
Más información: Patricio Abarca R., patricio.abarca@inia.cl
INIA Rayentué, Avda. Salamanca s/n, km 105 ruta 5 sur, sector Los Choapinos, Rengo.
Región de O'Higgins, Chile.

www.inia.cl