

## Capítulo 6

# Optimización del uso de plaguicidas para el control de áfidos

**Patricio Abarca R.**

Ingeniero Agrónomo

patricio.abarca@inia.cl

Una de las razones del exitoso establecimiento de la enfermedad de Shranka a nivel global es su capacidad de diseminarse rápidamente. A larga distancia puede transmitirse por el traslado de material de propagación infectado a regiones libres de la enfermedad, mientras que a corta distancia puede ser diseminado mediante vectores (áfidos) en forma no persistente, siendo *Myzus persicae* una de las especies de áfido más eficientes en la transmisión (Cambra y Vidal, 2017). Debido a esto, los países productores de frutales de carozos buscan constantemente estrategias eficientes de mitigación y control preventivo de la enfermedad. Entre ellos se encuentran el control de los áfidos, el cual puede picar una planta enferma, adquirir el virus y mantenerlo en su aparato bucal por varios minutos o hasta horas, para luego picar una planta sana y transmitirle el virus. Los áfidos son efectivos en la diseminación de PPV al desplazarse vía área rápidamente y por su tamaño son difíciles de detectar a simple vista, lo cual permite que puedan transmitir la infección entre plantas de un mismo predio o predios cercanos (García *et al.*, 2014; Cambra y Vidal, 2017). Todo esto hace que el control químico del vector sea difícil y poco eficiente para detener la enfermedad, ya que debe realizarse antes de que el áfido se pose en la planta infectada y adquiera el virus, pero si es una herramienta que ayuda en la mitigación de su dispersión.

A continuación, presentaremos algunas estrategias y recomendaciones para la eficiente aplicación de químicos que permitan el control de los vectores que diseminan la enfermedad de Shranka.

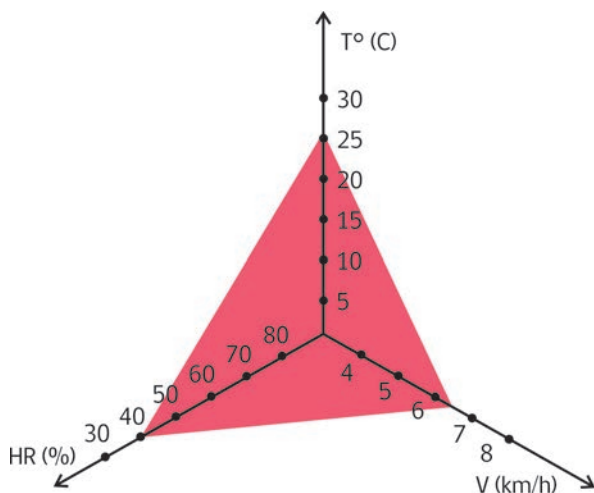
## 6.1 Recomendaciones para la aplicación de insecticidas

Para el mejoramiento del uso de insecticidas en frutales, se deben contemplar algunas recomendaciones, que de no tener en cuenta podrían conllevar a efectos no deseados sobre el cultivo, la plaga y el medio ambiente. Los principales problemas que se asocian al mal uso de insecticidas en frutales son:

- a. Baja eficacia en el control de insectos plaga.
- b. Resistencia de plagas a insecticidas por no recibir la dosis correspondiente y uso reiterado de plaguicidas del mismo grupo de acción.
- c. Residuos de plaguicidas en frutas al momento de la cosecha.
- d. Alta contaminación ambiental por deriva y/o escurrimiento al suelo.
- e. Elevados costos de aplicación por conceptos de mayor uso de plaguicidas, agua, combustible, mano de obra y desgaste de maquinaria.
- f. Maquinaria en mal estado, permitiendo pérdidas de mezcla por derrames, fugas y aplicaciones irregulares.
- g. Intoxicaciones en operadores de maquinaria y otros trabajadores agrícolas que son afectados por la deriva de plaguicidas.
- h. Ausencia de políticas públicas que ayuden a mejorar en las etiquetas, la interpretación de las dosis, determinación del volumen adecuado y el uso adecuado de los plaguicidas.

### 6.1.1 Recomendación 1: no aplicar plaguicidas en condiciones atmosféricas desfavorables

Las pérdidas de plaguicidas por concepto de malas condiciones atmosféricas, como el viento ambiental sobre los 6,5 km/h, humedad relativa menor al 40 % y temperaturas sobre los 25 °C, pueden superar fácilmente el 30 % del volumen pulverizado. Por lo tanto, es recomendable realizar la aplicación en la ventana de condiciones atmosféricas indicadas en la **Figura 6.1**.



**Figura 6.1.** Esquema para ventana de aplicación óptima, considerando tres variables atmosféricas que afectan la eficacia de plaguicidas en frutales, Temperatura ambiental (T), Humedad Relativa (HR) y velocidad del viento (V).

### 6.1.2 Recomendación 2: realizar las aplicaciones de plaguicidas en el momento adecuado de acuerdo al monitoreo de plagas

El monitoreo, es una herramienta clave en el éxito de la eficacia de un plaguicida, ya que, permite observar en terreno el comportamiento de las plagas y determinar los pasos a seguir para su control (**Figura 6.2**). Es la base del manejo integrado de plagas y determinante en la decisión del tipo de plaguicida, dosis, momento y oportunidad de aplicación, cuando la plaga se encuentre más susceptible.



**Figura 6.2.** Observación de una trampa cromática adhesiva para determinar el momento oportuno de la aplicación de plaguicidas.

### 6.1.3 Recomendación 3: determinar el volumen de aplicación de acuerdo al tamaño de las plantas y la densidad foliar

El volumen aplicado, definido en litros por hectárea (L/ha) debe ser acorde a las dimensiones de las plantas, metodología llamada TRV. Para ello, se debe considerar la altura del árbol (ADA), ancho de copa (ADC), la distancia entre hileras (DEH) (Figura 6.3) y la densidad foliar al momento de la aplicación. Debido a esto, el volumen aplicado por el pulverizador debe ser definido por la condición propia de cada huerto.

Para frutales de carozo pulverizados con equipos hidroneumáticos (“turbos”), se recomienda aplicar entre 45 a 90 litros de solución o mezcla por cada 1.000 m<sup>3</sup> de vegetación, entre invierno y verano, respectivamente.

Para obtener el volumen foliar se realiza el siguiente cálculo considerando los parámetros mostrados en la Figura 6.3:

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

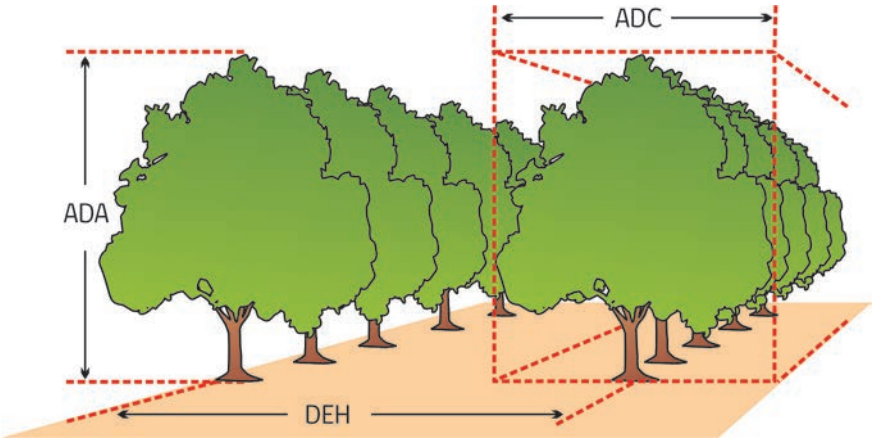


Figura 6.3. Esquema de un cultivo de frutales para determinar el volumen de vegetación (TRV), considerando la altura (ADA) y ancho de copa (ADC) y la distancia entre hileras (DEH).

Por ejemplo: Para un duraznero que presente una altura de 3,2 m, un ancho de copa de 2,5 m y distancia entre hileras de 5 m, tendrá un volumen de vegetación de:

$$TRV (m^3/ha) = \frac{3,2 m \times 2,5 m \times 10.000 (m^2/ha)}{5 m} = 16.000 (m^3/ha)$$

Para carozos, se recomienda pulverizar volúmenes entre 45 a 90 L/1.000 m<sup>3</sup> de vegetación, por lo tanto, para este ejemplo, los volúmenes de aplicación (VDA) se encontrarán entre los 720 L/ha hasta los 1.440 L/ha, utilizando el volumen más bajo en invierno, para ir aumentando gradualmente hasta llegar al valor máximo cuando se tiene una alta densidad foliar.

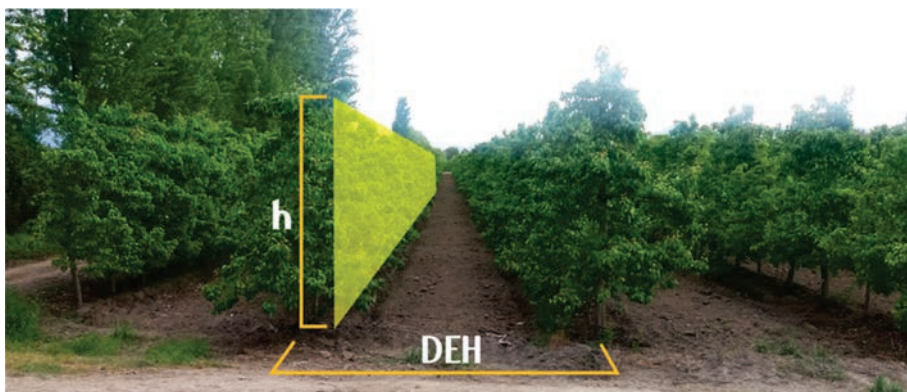
$$VDA (L/ha) = \frac{16.000 (m^3/ha) \times 45 L}{1.000 m^3} = 720 (L/ha)$$

#### 6.1.4 Recomendación 4: verificar la calidad de agua para la mezcla, el tipo de plaguicida y la dosis

- a. **Calidad del agua:** La condición más importante del agua para la mezcla con los plaguicidas, es el pH, que corresponde al grado de acidez o alcalinidad. Por sobre cierto valor de pH muchos de los productos para el control de plagas y enfermedades se inactivan, fenómeno conocido como hidrólisis alcalina, que ocurre cuando el agua alcalina entra en contacto con el ingrediente activo (i.a.) del plaguicida y este pierde su poder de eficacia en el corto plazo, no logrando el control deseado. Debido a esto, se hace imprescindible medir el pH y lograr que se ajuste en un rango entre 4,5 a 6,5. Asimismo, se debe poner atención en la dureza del agua, cantidad de carbonatos de calcio y magnesio, los cuales deben presentar concentraciones por debajo de los 150 ppm.
- b. **Plaguicida:** El tipo de plaguicida debe ser adecuado para la plaga, cultivo y condición fenológica. En lo posible, con el mínimo índice de impacto ambiental.

- c. **Dosis plaguicida:** El ajuste de la dosis debe ser acorde a lo indicado a la etiqueta del plaguicida, si esta es por concentración (cantidad de producto por cada 100 litros de agua) deberá ser proporcional al volumen determinado según TRV. Si la dosis es por hectárea, significa que esa cantidad de plaguicida deberá aplicarse en una superficie de 10.000 m<sup>2</sup> de cultivo. Como en un frutal la aplicación se realiza hacia los costados, deberá determinarse la superficie de pared de vegetación (S) que existe en una hectárea plantada según los parámetros que indica la **Figura 6.4**.

$$S \text{ (m}^2\text{/ha)} = \frac{h \text{ (m)} \times 2 \times 10.000 \text{ (m}^2\text{/ha)}}{DEH \text{ (m)}}$$



**Figura 6.4.** Se indican las dimensiones en un cultivo frutal para determinar la superficie de pared de vegetación (S) en una hectárea plantada, donde h corresponde a la altura de follaje y DEH a la distancia entre hileras.

Por ejemplo: Si un insecticida recomienda aplicar 1 L/ha en un duraznero que presente una altura de follaje de 3,2 m y una distancia entre hileras de 5 m. Según la fórmula indicada anteriormente, la superficie de aplicación es de 12.800 m<sup>2</sup>/ha, por lo tanto, se utilizará 1,28 litros (1.280 cc) de insecticida en una hectárea plantada.

$$S \text{ (m}^2\text{/ha)} = \frac{3,2 \text{ (m)} \times 2 \times 10.000 \text{ (m}^2\text{/ha)}}{5 \text{ (m)}} = 12.800 \text{ (m}^2\text{/ha)}$$

$$\text{Dosis} = \frac{12.800 \text{ (m}^2\text{/ha)} \times 1 \text{ L}}{10.000 \text{ m}^2} = 1,28 \text{ (L/ha)} = 1.280 \text{ (cc/ha)}$$

La dosis determinada deberá ser aplicada en el volumen de aplicación (VDA) determinado por TRV.

### 6.1.5 Recomendación 5: medir la velocidad de avance

La velocidad de avance (VA) corresponde al recorrido de la maquinaria en una cierta distancia (d) y en un determinado tiempo (t), si el terreno lo permite, estará definida exclusivamente por la especie vegetal, el tamaño de las plantas, la densidad foliar al momento de la aplicación y el tipo de tratamiento. Puede calcularse de la siguiente manera:

$$VA \text{ (km/h)} = d \text{ (m)} / t \text{ (s)} \times 3.6$$

Para carozos, la velocidad de avance adecuada varía entre los 4,5 a 6 km/h, siendo la más lenta en los momentos de máxima densidad foliar. La velocidad debe ser medida en el mismo terreno donde se hará la aplicación, con el equipo funcionando y mínimo en 25 metros. La velocidad debe medirse con una aceleración que otorgue un régimen entre 450 a 540 r.p.m. a la toma de fuerza, según la demanda de aire del cultivo hacia el ventilador del pulverizador.

### 6.1.6 Recomendación 6: determinar el caudal total de boquillas requerido

El caudal total de boquillas (CTB) se determina según el volumen de aplicación requerido por hectárea (VDA), la velocidad de avance (VA) y la distancia entre hileras (DEH) del cultivo, de la siguiente manera:

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

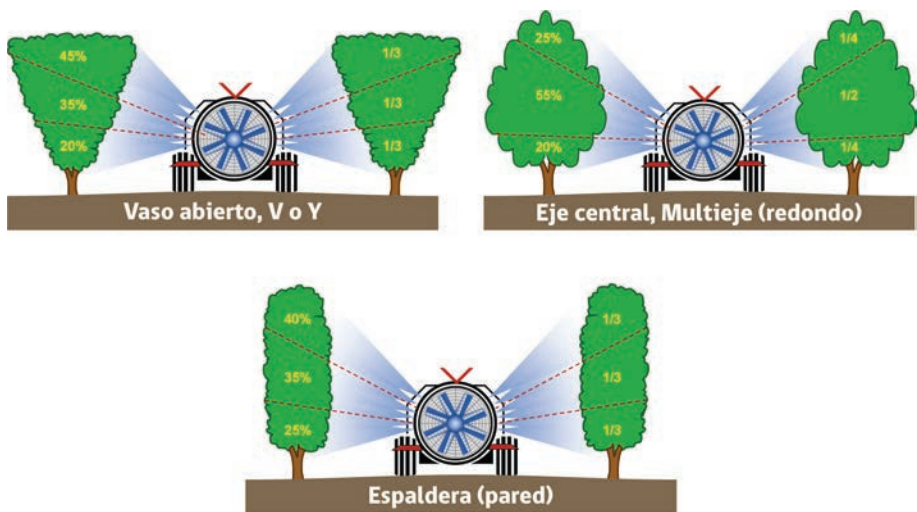
Por ejemplo: Si en un cultivo de duraznero se determina por TRV aplicar un volumen de 1.440 L/ha, la velocidad medida en terreno fue de 4,8 km/h y la distancia entre hileras es de 5 m, se obtiene:

$$CTB \text{ (L/min)} = \frac{1.440 \text{ (L/ha)} \times 4.8 \text{ (km/h)} \times 5 \text{ m}}{600} = 57,6 \text{ (L/min)}$$

Para las condiciones descritas en el ejemplo, se deberá elegir boquillas que, a una presión recomendada por el fabricante, entreguen un caudal de 57,6 litros por minuto.

### 6.1.7 Recomendación 7: determinar caudal y ordenamiento de las boquillas más adecuado

Con el fin de determinar el caudal y ordenamiento de boquillas más adecuado para la aplicación del plaguicida, se debe identificar el tipo de formación del cultivo y la forma de distribución del volumen aplicado por el pulverizador más idóneo para ese cultivo (**Figura 6.5**).



**Figura 6.5.** Esquema de los principales tipos de formación en cultivos frutales y distribución del volumen aplicado por el pulverizador más adecuado para cada uno de ellos.

Para frutales de carozo, se recomienda utilizar mínimo 7 boquillas por cada lado del equipo en aplicaciones invernales (sin hojas), e ir aumentando gradualmente el número a medida que se aumenta la densidad foliar, hasta un número de 12 a 14 boquillas por cada lado en situación de máxima expresión foliar. El caudal de boquillas más adecuado no debiese ser inferior a 0,7 L/min, ni superior a 3,5 L/min, con presiones de trabajo entre 5 a 14 bar.



Como ejemplo: Para un huerto de duraznero con formación en vaso abierto, se utiliza un pulverizador hidroneumático con 24 boquillas en total. Las 12 boquillas ubicadas por cada lado del equipo se dividen en tres partes iguales (4-4-4), donde el tercio superior deberá aplicar un 45 %, el tercio medio un 35 % y el tercio inferior un 20 % del volumen correspondiente a ese sector (**Figura 6.5**). Si el volumen total de boquillas (CTB) es de 57,6 L/min, cada lado del pulverizador deberá aplicar 28,8 L/min, por lo tanto, cada tercio deberá aplicar (**Cuadro 6.1**):

**Cuadro 6.1.** Cálculos del ejemplo anterior para la elección del caudal de boquillas apropiado según la formación del cultivo frutal.

Caudal requerido por lado (L/min)	% a utilizar por sector del árbol	Volumen a utilizar por sector del árbol (L/min)	Nº de boquillas por sector	Caudal de boquilla más adecuado (L/min)
28,8	45	12,96	4	3,24
	35	10,08	4	2,52
	20	5,76	4	1,44

Luego en el catálogo se eligen las boquillas más adecuadas de acuerdo a lo determinado por los cálculos. En el tercio superior se necesitarán boquillas que generen caudales cercanos a 3,24 L/min, en el sector medio cercanos a 2,52 L/min y en el tercio inferior cercanos a 1,44 L/min. Según el **Cuadro 6.2** se podría elegir entre la boquilla color verde y la de color rojo, a una presión de 12 bar. En la **Figura 6.6**, se grafica la distribución correcta de acuerdo a lo requerido para este ejemplo.

La suma de los caudales seleccionados por catálogo, debe ser lo más cercano a lo requerido, y estos siempre deben ser corroborados en terreno (**Figura 6.7**), ya que, será inevitable observar pequeñas diferencias entre lo teórico y lo real, siendo el valor de este último lo que se empleará efectivamente en el terreno. Para observar correctamente la presión de trabajo, se debe contar con un manómetro a una escala de 0 a 25 bar (nunca de mayor rango).

**Cuadro 6.2.** Caudales para boquillas de cono vacío y cono vacío antideriva que cumplen la Norma ISO de colores. En un rectángulo rojo se destacan las boquillas que sirven para el ejemplo.

TIPO DE BOQUILLA	BAR	MORADO 0050	ROSA 0075	NARANJA 01	VERDE 015	AMARILLO 02	LILA 025	AZUL 03	ROJO CASTAÑO 035	ROJO 04	MARRÓN 05
ABANICO Y DEFLECTORAS (HERBICIDAS)	2			0,32	0,49	0,66	0,82	0,98	1,14	1,31	1,63
	3	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	2,00
	4	0,23	0,35	0,46	0,69	0,91	1,15	1,39	1,62	1,85	2,31
CONOS LLENO, VACÍO, VACÍO ANTIDERIVA (FRUTALES Y HORTALIZAS)	5	0,26	0,39	0,52	0,77	1,03	1,29	1,55	1,81	2,07	2,58
	6	0,28	0,42	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,83
	7	0,31	0,46	0,61	0,92	1,22	1,53	1,83	2,14	2,44	3,06
	8	0,33	0,49	0,65	0,98	1,31	1,63	1,96	2,29	2,61	3,27
	9	0,35	0,52	0,69	1,04	1,39	1,73	2,08	2,42	2,77	3,46
	10	0,37	0,55	0,73	1,10	1,46	1,83	2,19	2,56	2,92	3,65
	11	0,38	0,57	0,77	1,15	1,53	1,91	2,30	2,68	3,06	3,83
	12	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20	4,00
13	0,42	0,62	0,83	1,25	1,67	2,08	2,50	2,91	3,33	4,16	
14	0,43	0,65	0,86	1,30	1,73	2,16	2,59	3,02	3,46	4,32	

\* El cuadro de boquillas presentado es solo referencial, existiendo otras marcas, modelos y colores que cumplen las mismas exigencias y/o condiciones.



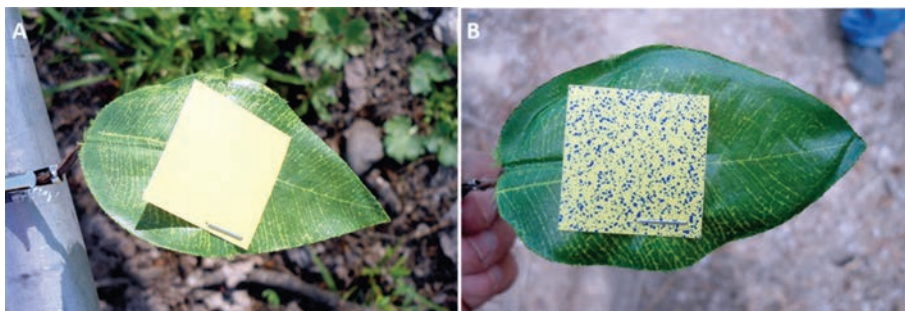
**Figura 6.6.** Esquema de la distribución apropiada en el pulverizador de acuerdo al ejemplo planteado en esta sección.



**Figura 6.7.** Medición práctica del caudal individual de boquillas en un pulverizador hidroneumático.

### 6.1.8 Recomendación 8: verificar el cubrimiento de la aplicación

Una de las formas más prácticas para comprobar la calidad de la aplicación, es a través del cubrimiento utilizando papeles hidrosensibles. Estos son de color amarillo y se tiñen de azul al contacto con las gotas pulverizadas. Si posterior a la aplicación un papel hidrosensible queda amarillo, indica déficit de aplicación y si queda totalmente azul será una aplicación excesiva, por tanto, un buen cubrimiento será un papel de fondo amarillo con muchas gotas de fino tamaño (**Figura 6.8**).



**Figura 6.8.** Papeles hidrosensibles para observar el cubrimiento de la aplicación. A: Papel hidrosensible antes de la aplicación. B: Papel hidrosensible posterior a la aplicación con excelente cubrimiento.

## 6.2 Bibliografía

- Cambra, M., y Vidal, E. (2017). Sharka, a vector-borne disease caused by *Plum pox virus*: vector species, transmission mechanism, epidemiology and mitigation strategies to reduce its natural spread. *Acta horticulturae*, 1163, 57-68. DOI: 10.17660/actahortic.2017.1163.10.
- García, J.A., Glasa, M., Cambra, M., y Candresse, T. (2014). *Plum pox virus* and sharka: a model potyvirus and a major disease: *Plum pox virus*. *Molecular Plant Pathology*, 15(3), 226-241. DOI: 10.1111/mpp.12083.
- Rimbaud, L., Dallot, S., Gottwald, T., Decroocq, V., Jacquot, E., Soubeyrand, S., y Thébaud, G. (2015). Sharka epidemiology and worldwide management strategies: learning lessons to optimize disease control in perennial plants. *Annual Review of Phytopathology*, 53(1), 357-378. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080614-120140.